

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra energetiky

System chlazení mléka

Milk Cooling System

Student:

Bc. Roman Kluka

Vedoucí práce:

doc. Ing. Mojmír Vrtek, Ph. D.

Ostrava 2019

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Roman Kluka**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2302T006 Energetické stroje a zařízení
Téma: **Systém chlazení mléka**
Milk Cooling System
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Navrhněte systém chlazení čerstvého mléka v zemědělském podniku vč. využití tepla získaného při jeho chlazení.

Práce bude obsahovat:

1. Popis a analýza výchozího stavu.
2. Kapacitní a bilanční výpočty.
3. Specifikace možných spotřebičů využívajících teplo získaného při chlazení.
4. Návrh chladicího systému a využití tepla.
5. Zhodnocení.

Grafická část bude obsahovat schéma zapojení, dispoziční řešení.

Seznam doporučené odborné literatury:

DVOŘÁK, Z. *Základy chladicí techniky*. ČVUT Praha, 1982.

GUTKOWSKI, K. *Chladicí technika: Vybrané řešené problémy*. SNTL Praha, 1982.

PETRÁK, J.; PETRÁK, M. *Tepelná čerpadla*. Praha: ČVUT Praha, 2004. ISBN 80-01-03126-8.

DOSSAT, R.J. *Principles of refrigeration*. New York: Wiley, 1978.

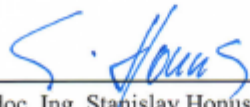
BROŽ, J. a kol. *Chladicí a klimatizační technika*. Praha: Svaz chladicí a klimatizační techniky, 2011. ISBN 978-80-260-0558-2.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Mojmír Vrtek, Ph.D.**

Datum zadání: 21.12.2018

Datum odevzdání: 20.05.2019


doc. Ing. Stanislav Honus, Ph.D.
vedoucí katedry





prof. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě.....*26. 5. 2019*.....


.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo;
- беру на ве́доміі, же Высoкá škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3);
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě archivována v Ústřední knihovně VŠB-TUO a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že bibliografické údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO;
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- bylo sjednáno, že užít své dílo, diplomovou práci, nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́доміі, же odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 16.5. 2019

.....
Podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Roman Kluka

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Biskupice 60

798 12 Kralice na Hané

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

KLUKA, Roman. *Systém chlazení mléka: diplomová práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra energetiky, 2019, 89 stran.

Vedoucí práce: Vrtek, M.

Diplomová práce se zabývá návrhem systému chlazení mléka s následným využitím odpadního tepla z kondenzátoru pro ohřev užitkové vody. Tato voda se v této technologii využívá. V první, teoretické, části je zmíněna historie chlazení, popsáno stávající zařízení a výpočet teoretického chladicího oběhu pro potřebné ochlazení mléka. V druhé, praktické, části je kontrola správnosti výpočtů, jsou zpracovány dvě simulace chlazení s využitím odpadního tepla a návrh reálného chladicího oběhu. V poslední části jsou už konkrétní zařízení, podle vypracovaných simulací, pro využití odpadního tepla a následná energetická bilance.

Klíčová slova: návrh systému, chlazení mléka, odpadní teplo, rekuperace tepla

ANNOTATION OF DIPLOMA THESIS

KLUKA, Roman. *Milk cooling system: Diploma thesis*. Ostrava: VSB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Power Engineering, 2019, 89 pages.

Thesis supervisor: Vrtek, M.

This Diploma Thesis is focused on milk cooling system design with subsequent utilization of residual heat from condenser, for heating domestic water. This water is used in this technology. In the first, theoretical, part is mentioned history of cooling systems, described existing device and calculated the theoretical cooling circuit for necessary cooling of the milk. In second, practical, part is checking the correctness of the calculations, two simulations of cooling system with subsequent utilization of residual heat and made a design of real cooling system. In last part, is already designed, according to simulations, definitive version of device for utilization of residual heat and following by energy balance.

Key word: system design, milk cooling, residual heat, heat recovery

Obsah

Seznam symbolů a zkratk	7
1 Úvod.....	8
2 Historie chlazení	9
3 Historie chlazení mléka	10
4 Popis a analýza výchozího stavu	11
4.1 Analýza výchozího stavu	11
4.2 Popis stávajícího zařízení.....	11
5 Návrh nové chladicí jednotky	13
5.1 Výpočet odebraného tepla z mléka	13
5.2 Výpočet chladicího oběhu	14
5.2.1 Vypařovací a kondenzační teplota	14
5.2.2 Určení entalpií z diagramu a tabulek	15
5.2.3 Tlakový poměr	16
5.2.4 Přivedené, odvedené teplo a izoentropická práce kompresoru	17
5.2.5 Izoentropický příkon kompresoru	17
5.2.6 Skutečný příkon kompresoru	18
5.2.7 Celkový příkon kondenzační jednotky	18
5.2.8 Kondenzační výkon	18
5.2.9 Topný a chladicí faktor	19
5.2.10 Průřezy spojovacího potrubí	19

5.3 Kontrola výpočtu v Excelu aplikaci Cool Prop	22
5.3.1 Výpočet teoretického oběhu v Excelu	22
5.3.1.1 Zadané hodnoty.....	23
5.3.1.2 Entalpie, tlak a entropie oběhu	23
5.3.1.3 Výkony, příkon, chladicí, topný faktor	24
5.3.2 Výpočet reálného oběhu	25
5.3.2.1 Výpočet reálného oběhu v Excelu	26
5.3.2.2 Zadané hodnoty.....	27
5.3.2.3 Entalpie, tlak a entropie oběhu	27
5.3.2.4 Výkony, příkon, chladicí a topný faktor	28
6 Využití kondenzačního tepla	28
6.1 Možné spotřebiče.....	28
7 Návrh chladicího systému a využití kondenzačního tepla rekuperací	29
7.1 Tvorba simulace chladicího systému s využitím odpadního tepla	31
7.1.1 První dojení.....	33
7.1.2 Doba mezi dojeními.....	38
7.1.3 Druhé dojení	39
7.1.4 Doba po druhém dojení.....	41
7.2 Simulace chlazení mléka s předchlazením	42
7.2.1 První dojení.....	43
7.2.2 Doba mezi dojeními.....	45

7.2.3 Druhé dojení	46
7.2.4 Doba po druhém dojení.....	48
7.3 Výběr vhodných komponentů chladicího oběhu podle výpočtu	49
7.3.1 Chladicí tank TCool – výparník, expanzní ventil	50
7.3.2 Kondenzační jednotka.....	52
7.3.3 Shrnutí celého navrženého oběhu	57
7.4 Výběr zařízení pro využití odpadního tepla.....	58
7.4.1 První varianta úspory	58
7.4.1.2 Rekuperační výměník	59
7.4.1.3 Akumulační zásobník	60
7.4.2 Druhá varianta úspory.....	61
8 Zhodnocení úspor jednotlivých technologií	62
8.1 Zhodnocení úspor první technologie s rekuperačním výměníkem.....	62
8.1.1 První dojení.....	62
8.1.2 Druhé dojení	62
8.2 Zhodnocení úspor druhé technologie s předchladičem mléka.....	63
8.2.1 První dojení.....	63
8.2.2 Druhé dojení	64
8.2 Bilance úspor	65
9 Závěr	66
10 Zdroje.....	67

11 Seznam obrázků	69
12 Seznam tabulek	71
13 Použité softwary	72
14 Přílohy.....	73

Seznam symbolů a zkratek

Q	[J, Wh]	teplo
\dot{Q}	[W]	tepelný výkon
m	[kg]	hmotnost
\dot{m}	[kg/s, kg/h]	hmotnostní průtok
c_p	[J/kg·K]	měrná tepelná kapacita mléka
t	[°C]	teplota
h	[J/kg]	entalpie
p	[Pa]	tlak
q	[J/kg]	hmotnostní topivost, chladivost
a	[J/kg]	práce
P	[W]	příkon
\dot{V}	[m ³ /h]	objemový průtok
S	[m ²]	průřez
w	[m/s]	rychlost
d	[m, mm]	průměr
s	[J/kg·K]	entropie
W	[Wh]	elektrická práce

Řecká písmena

Δ	[K]	rozdíl teplot, Δt
τ	[s]	čas
δ	[K]	rozdíl teplot, δt
η	[-]	účinnost
ε	[-]	topný, chladicí faktor
σ	[-]	tlakový poměr
ρ	[kg/m ³]	hustota

Dolní indexy

o	vypařování
t	kondenzace
ie	izoentropická
max	maximální
el, m	elektrická, mechanická
skut	skutečný

1 Úvod

Uchovávání potravin je záležitost již od starověku. Po celá staletí byli lidé odkázáni na rozmary počasí. Hospodyně vítaly příchod zimy, protože v zimních měsících je možné déle a lépe uchovávat potraviny. Jídlo se skladovalo ve sklepích a ve studených chodbách. Ve městech, kde neměli sklepy, uchovávali jídlo mezi okny.

V dnešní době si nedovedeme představit domácnost bez ledničky. S tohoto pohledu nerozeznáváme a nevnímáme, jestli je zima nebo léto. Dříve se nedaly uchovávat některé potraviny, a proto se dala připravovat některá jídla jen v létě a jiná jen v zimě. Dnes je pro nás nepochopitelné, že dříve se lidé těšili několik měsíců na jídlo, které je pro nás běžné a celoročně dostupné.

Ve sklepech se skladovala jen některá zelenina, mrkev a zelí. Mléko se svařovalo, aby déle vydrželo. Masa se muselo připravit pouze tolik, aby se snědlo. Jinak se udilo, nebo se zavařovalo. Až po válce se začalo nakládat do plechovek.

Vzhledem k delšímu uchování potravin se začalo používat jejich chlazení. Dříve se k dosažení nízkých teplot používal hlavně princip odpařování vody a také se využíval sníh a led. Už ve staré Persii byly známé chladírny, místnosti, které se stavěly pod zemí blízko jezer. Plnily se sněhem a ledem. Tato metoda se využívala ještě v padesátých letech. V zimě bylo běžně vidět řezání ledových kvádrů. Tato metoda se v některých oblastech používá i dnes.

V této diplomové práci budu navrhovat také jednu z možností uchovávání potravin, chlazení mléka, ale už v moderní podobě, za pomoci chladicího oběhu. Využiji k tomu znalosti získané studiem a rád bych se zdokonalil v této oblasti.

V první části se budu zabývat historií chlazení, popíšu stávající stav zařízení a vypočítám chladicí oběh pro nově navržené množství mléka. V druhé části zkontroluji správnost výpočtů, dále vytvořím dvě simulace chlazení s využitím odpadního tepla a následně provedu návrh reálného chladicího oběhu. V poslední části budu navrhovat podle zpracovaných simulací konkrétní zařízení pro využití odpadního tepla a provedu jejich energetickou bilanci.

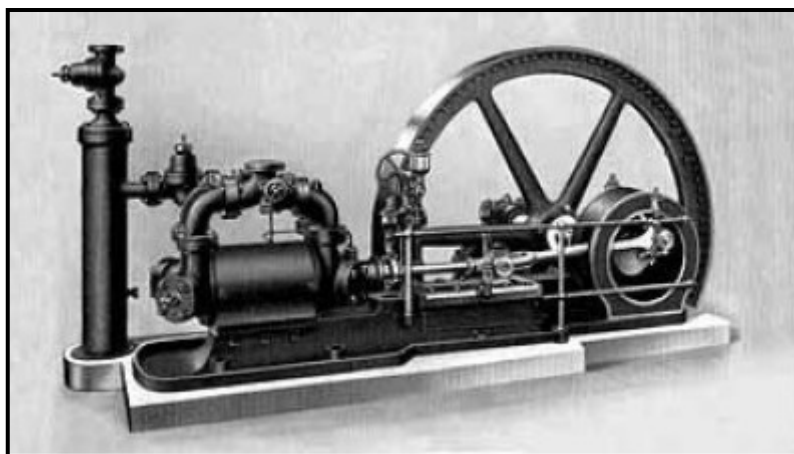
2 Historie chlazení [3.9]

Už v dávných dobách uměli lidé využívat k ochlazování látek přírodní jevy, aniž by si to uměli vysvětlit. Například Egypťané 2500 před n. l. chladili pitnou vodu odpařováním. Číňané 1100 před n. l. využívali sněhu a ledu k uchovávání potravin.

S rozvojem termomechaniky v 18. a 19. století se začaly objevovat první pozoruhodná chladicí zařízení. Zařízení s parním oběhem poprvé popsal v roce 1805 Oliver Evans. První funkční zařízení si nechal patentovat v roce 1834 Jacob Perkins, které využívalo odpařování těkavých látek. V roce 1855 James Harrison poprvé představil parní pohon oběhu, který nahradil ruční.

Další rozvoj přišel s používáním nových chladiv, zejména čpavku v roce 1873. Velkým obratem v historii chlazení byl objev Carla von Lindeho, který si v roce 1876 nechal patentovat chladicí zařízení, pracující za pomoci zkapalňování právě již zmíněného čpavku. Toto nové zařízení našlo uplatnění v pivovarnictví a mnoha dalších odvětvích potravinářského průmyslu. Masovému rozvoji tohoto zařízení v domácnosti zabránilo několik nehod s únikem těchto jedovatých plynů, čpavku nebo oxidu siřičitého, který se také v těchto zařízeních používal.

Tento problém nastartoval vývoj jiných chladicích látek. Obrat nastal v 30. letech minulého století s objevem výroby prvního halogenového uhlovodíku R 12, známého pod názvem Freon. Po tomto objevu nastalo masové rozšíření strojního chlazení, které se uplatňuje dodnes v mnoha odvětvích.



Obr. 2.1 Horizontální dvoustupňový kompresor Carl von Linde [9]

3 Historie chlazení mléka [3]

Uchovávat potraviny se dá za použití chladu. Teplo lze odvézt za pomoci jevů, jako je zchlazování. Tento proces zamezí nežádoucí fyzikální, chemické a biologické pochody v živočišných a rostlinných produktech. Další z jevů je zmrazování. U tohoto jevu dochází k výraznému omezení již zmíněných nežádoucích účinků. Potravina se přivádí do tuhého stavu a pro tento proces je důležitá rychlost tuhnutí. Posledním procesem je udržování stálé teploty. Je to odvádění tepla vznikajícího při kvašení nebo při řízení biologických a biochemických pochodů, například zrání sýrů. Chladicí technika se hlavně uplatňuje ve dvou směrech. Prvním je konzervace neudržitelných potravin chladem a druhým řízení nebo zlepšení technologické výroby a zpracování potravin a nápojů.

Neudržitelné potraviny jsou ty, které podléhají po krátké době znehodnocení. Je to veškerá živočišná, velká část rostlinné produkce a mnoho výrobků související s touto produkcí. Tyto potraviny zaujímají 80 % obvyklé skladby. Uchovávání těchto potravin je vyřešeno u jedné třetiny lidstva. Velké ztráty jsou v nejteplejších oblastech a málo rozvinutých zemích. Zchlazování a mražení je z hlediska dlouhodobého skladování výhodnou metodou konzervace při zachování nutričních, vzhledových a chuťových vlastností.

Mléko je neudržitelná potravina. Je jednou z nejnehodnotnějších potravin buď samo nebo jako surovina pro výrobu másla, tvarohu, sýrů, nebo jogurtů. Je jednou z nejchoulostivějších potravin z hlediska pohlcování zápachu. Po třech hodinách po nadojení působením mikroorganismů a enzymů mléko zkysne. Proto je důležitá čistota při dojení, dopravě a zchlazování mléka. To musí být zchlazeno podle předpisů do 150 minut od dojení na požadovanou teplotu 4 – 5 °C. Je udržováno na této teplotě v chladicím tanku. Ke zpracování se dopravuje v izolovaných izotermických cisternách. V mlékárnách se zchladí znovu na tuto teplotu, do doby než se pasterizuje. Při ní se mléko krátkodobě ohřeje na teplotu 70 – 90 °C a následně opět zchladí na 5 °C. Po tomto procesu je připraveno buď ke konzumaci, nebo k dalšímu využití.

Dříve nebyla možnost mléko chladit, proto se svařovalo, aby se prodloužila jeho spotřeba.

4 Popis a analýza výchozího stavu [10]

Před návrhem nové chladicí jednotky si musíme nejprve popsat a analyzovat stav původní. Stávající chladicí oběh je z osmdesátých let a při našem plánovaném navýšení produkce mléka o 30 % už nebude vyhovovat.

4.1 Analýza výchozího stavu

Mléko teče do tanku 3 hodiny, po tomto prvním dojení zůstává v tanku vychlazené devět hodin, kdy začíná druhé dojení. Toto trvá opět 3 hodiny. Jakmile se mléko dochladí, je odvezeno do mlékárny. Nyní začíná sanitace jak dojicího zařízení, tak chladicího tanku, aby byla technologie připravena na další cyklus.

K získání základních informací, jsem provedl měření množství mléka, které teče do chladicího tanku. Časový interval jsem zvolil 5 minut. V následující tabulce jsou tyto hodnoty zaznamenány a vidíme, že množství mléka v závislosti na čase není konstantní. Mléko se chladí v průběhu dojení a po konci dojení je dochlazováno na 4 – 5 °C. Požadavek investora je dodržet časový režim chlazení, který vyplývá z tabulky naměřených hodnot.

4.2 Popis stávajícího zařízení

Jsou zde použity dvě kondenzační jednotky a dva chladicí tanky o objemu 5000 litrů. Vše na hranici životnosti. Tato technologie byla vyrobena v Pacovských strojárnách.



Obr. 4.1 Stávající technologie [10]

Tabulka naměřených hodnot

čas	litry				
14 55	0	←	Začátek dojení		
15 00	5				
15 05	14				
15 10	15				
15 15	28				
15 20	39				
15 25	60				
15 30	87				
15 35	102				
15 40	138				
15 45	182				
15 50	258				
15 55	299				
16 00	341				
16 05	413				
16 10	455				
16 15	506				
16 20	559				
16 25	587				
16 30	634				
16 35	687				
16 40	728				
16 45	762				
16 50	808				
16 55	849				
17 00	880				
17 05	919				
17 10	962				
17 15	1002				
17 20	1021				
17 25	1078				
17 30	1102				
17 35	1167				
17 40	1182				
17 45	1208				
17 50	1230	←	Konec dojení		
17 55	1230				
18 00	1230				
18 05	1230				
18 10	1230	←	Dochlazování na 5 °C		
18 15	1230				
18 20	1230				
18 25	1230				
18 30	1230				

Tab. 4.1 Tabulka naměřených hodnot

5 Návrh nové chladicí jednotky [1,2,3,4,15,16,17]

Naším úkolem je zchladit 1600 litrů mléka (1648 kg), jedno dojení, z teploty 37°C na teplotu 4 °C. Mléko teče do chladicího tanku 3 hodiny a za tuto dobu je nutné mléko vychladit. Toto množství se za devět hodin navýší na dvojnásobek, kdy probíhá druhé dojení. K tomu musíme zvolit vhodný chladicí systém. Teplo odebrané v kondenzátoru, využijeme k ohřevu užitkové vody. Prvním krokem je výpočet množství odebraného tepla. Pro navrhovanou chladicí jednotku jsem zvolil chladivo HFC – 134a. Dále je nutné zvolit vypařovací a kondenzační teplotu. Já jsem zvolil teplotu vypařování 2 °C, protože chladíme na 4°C a aby nedošlo k zamrznutí mléka. Teplota kondenzace bude 45°C, jelikož bude kondenzační jednotka v místnosti. Napřed provedu výpočet početně z p – h diagramu, potom zkontroluji v Excelu aplikací Cool Prop a následně určím dodáním dat do programu Select Copeland vhodný typ kompresoru.

5.1 Výpočet odebraného tepla z mléka

Chceme-li vychladit mléko na požadovanou teplotu, musíme teplo z mléka odebrat. Použijeme k tomu rovnici pro výpočet množství tepla. Při výpočtu jsem vstupní teplotu mléka snížil o 1 °C vlivem tepelných ztrát potrubím.

$$Q = \frac{m \cdot c_p \cdot \Delta t}{3,6} \text{ [Wh]} \quad (1)$$

$$Q = \frac{1648 \cdot 3,5 \cdot (36 - 4)}{(3,6)}$$

$$Q = 51271,11 \text{ Wh}$$

$$\text{Průměrný chladicí výkon} \quad \dot{Q}_o = \frac{Q}{\tau} = \frac{51271,11}{3} = 17,1 \text{ kW} \quad (2)$$

Kde:	m	je hmotnost ochlazovaného mléka [kg]
	c _p	je měrná tepelná kapacita mléka [kJ/kg·K]
	Δt	je rozdíl teplot původního a vychlazeného mléka [K]
	τ	je doba potřebná k vychlazení [h]

5.2 Výpočet chladicího oběhu

Nejprve si zvolím teploty chladicího oběhu.

5.2.1 Vypařovací a kondenzační teplota

Vypařovací teplota t_o

Určím ji z teploty chlazeného mléka a zvoleného rozdílu teplot.

$$t_o = t_p - \delta t_o \quad (3)$$

$$; \quad t_o = 4 - 2 = 2 \text{ K}$$

Vzhledem k tomu, že chladicí tank má velkou plochu výparníku, volím malý rozdíl teplot.

Kondenzační teplota t_t

Pro vzduchem chlazené kompresory je závislá na teplotě okolí a rozdílu teplot. Tento rozdíl je závislý na druhu chladiva a konstrukci kondenzátoru. Zpravidla bývá 15 °C.

$$t_t = t_e + \delta t_t \quad (4)$$

$$t_t = 30 + 15 = 45 \text{ K}$$

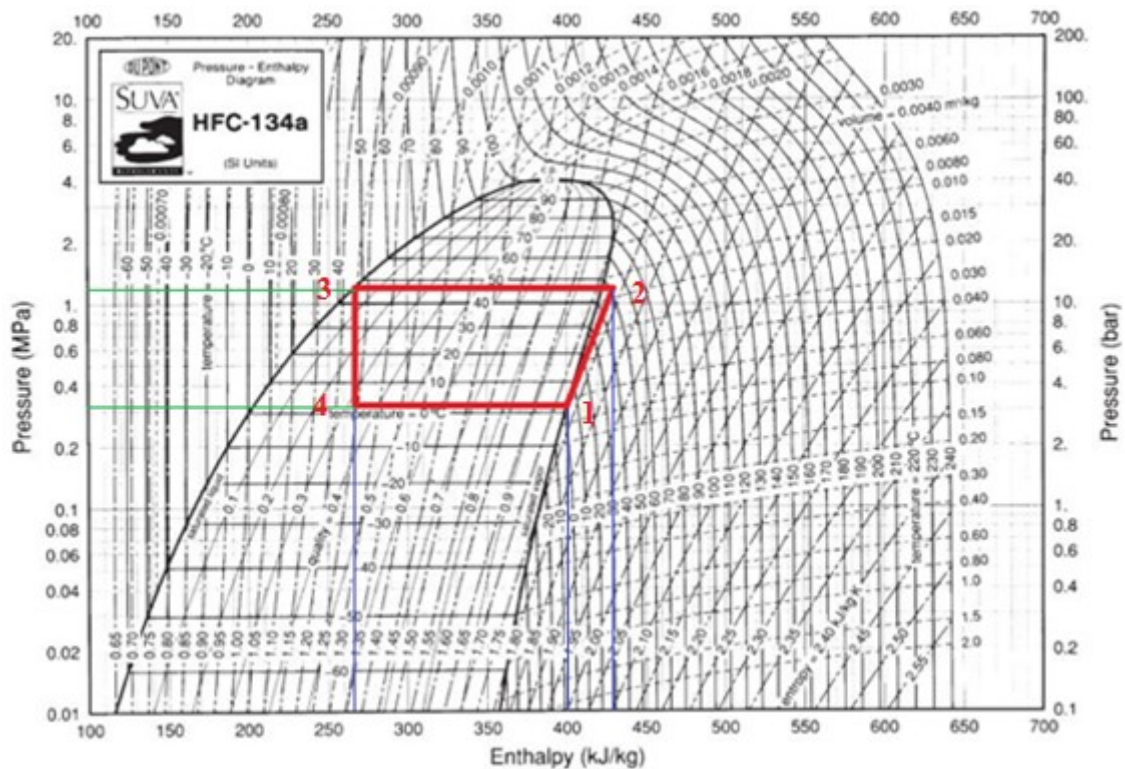
Kde: t_p je teplota chlazeného mléka [°C]

t_e je teplota okolí [°C]

δt je rozdíl teplot [K]

5.2.2 Určení entalpií z diagramu a tabulek

K vstupnímu orientačnímu výpočtu využijeme $p - h$ diagramu vypařování chladiva HFC – 134a. Do diagramu vykreslím vypařovací a kondenzační teplotu. Bod 1 a 2 spojím izoentropou, bod 3 a 4 izoentalpou a z tabulky určím entalpie bodu 1, 3, 4. Entalpii bodu 2 zjistím vynesetím na osu entalpie.



Obr. 5.1 $P - h$ diagram vypařování HFC – 134a [16]

Entalpie oběhu

$$h_1 = 400 \text{ kJ/kg} \quad \text{z tabulky}$$

$$h_2 = 427,8 \text{ kJ/kg} \quad \text{z diagramu}$$

$$h_3 = i_4 = 264,2 \text{ kJ/kg} \quad \text{z tabulky}$$

Tlaky oběhu

$$p_o = 314,77 \text{ kPa} \quad \text{z tabulky}$$

$$p_t = 1161,01 \text{ kPa} \quad \text{z tabulky}$$

Kde: p_o je tlak při vypařování, před kompresorem [kPa]

p_t je tlak při kondenzaci, za kompresorem [kPa]

TEMP. °C	PRESSURE kPa (abs)	VOLUME m³/kg		DENSITY kg/m³		ENTHALPY kJ/kg			ENTROPY kJ/(kg)(K)		TEMP. °C
		LIQUID v_f	VAPOR v_g	LIQUID $1/v_f$	VAPOR $1/v_g$	LIQUID h_f	LATENT h_{fg}	VAPOR h_g	LIQUID s_f	VAPOR s_g	
0	292.93	0.0008	0.0693	1293.3	14.435	200.0	198.8	398.8	1.0000	1.7278	0
1	303.70	0.0008	0.0669	1290.0	14.946	201.3	198.0	399.4	1.0049	1.7273	1
2	314.77	0.0008	0.0646	1286.7	15.472	202.7	197.3	400.0	1.0098	1.7267	2
3	326.16	0.0008	0.0624	1283.4	16.013	204.0	196.5	400.5	1.0146	1.7262	3
4	337.85	0.0008	0.0604	1280.1	16.569	205.4	195.7	401.1	1.0195	1.7257	4

Tab. 5.1 Hodnoty při vypařovací teplotě [16]

TEMP. °C	PRESSURE kPa (abs)	VOLUME m³/kg		DENSITY kg/m³		ENTHALPY kJ/kg			ENTROPY kJ/(kg)(K)		TEMP. °C
		LIQUID v_f	VAPOR v_g	LIQUID $1/v_f$	VAPOR $1/v_g$	LIQUID h_f	LATENT h_{fg}	VAPOR h_g	LIQUID s_f	VAPOR s_g	
45	1161.01	0.0009	0.0174	1124.5	57.630	264.2	157.7	421.9	1.2148	1.7105	45
46	1191.41	0.0009	0.0169	1120.0	59.261	265.7	156.6	422.3	1.2195	1.7101	46
47	1222.41	0.0009	0.0164	1115.6	60.934	267.3	155.4	422.7	1.2242	1.7097	47
48	1253.95	0.0009	0.0160	1111.0	62.652	268.8	154.3	423.1	1.2290	1.7093	48
49	1286.17	0.0009	0.0155	1106.4	64.415	270.4	153.1	423.5	1.2337	1.709	49

Tab. 5.2 Hodnoty při kondenzační teplotě [16]

V těchto částích tabulek jsou podtrženy entalpie a tlaky chladicího oběhu.

5.2.3 Tlakový poměr

Je to podíl tlaku za a před kompresorem.

$$\sigma = \frac{p_t}{p_o} \quad [-] \quad (5)$$

$$\sigma = \frac{1161,01}{314,77} = 3,7$$

5.2.4 Přivedené, odvedené teplo a izoentropická práce kompresoru

Tyto hodnoty jsou nutné při dalších výpočtech, průtoku chladiva, kondenzačního výkonu, topného a chladicího faktoru, a příkonu kompresoru. Získáme je z rozdílů entalpií.

Přivedené teplo, hmotnostní chladivost

$$q_o = h_1 - h_4 \quad (6)$$

$$q_o = 400 - 264,2 = 135,8 \text{ kJ/kg}$$

Odvedené teplo, hmotnostní topivost

$$q_t = h_2 - h_3 \quad (7)$$

$$q_t = 427,8 - 264,2 = 163,6 \text{ kJ/kg}$$

Izoentropická práce kompresoru

$$a_{ie} = h_2 - h_1 \quad (8)$$

$$a_{ie} = 427,8 - 400 = 27,8 \text{ kJ/kg}$$

5.2.5 Izoentropický příkon kompresoru

Jedná se o součin průtoku chladiva a izoentropické práce.

Průtok chladiva

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}_o}{q_o} \text{ [kg/s]} \quad (9)$$

$$\dot{m} = \frac{17,1}{135,8} = 0,126 \text{ kg/s}$$

Izoentropický příkon

$$P_{ie} = \dot{m} \cdot a_{ie} \text{ [kW]} \quad (10)$$

$$P_{ie} = 0,126 \cdot 27,8 = 3,5 \text{ kW}$$

5.2.6 Skutečný příkon kompresoru

Při výpočtu skutečného příkonu musíme počítat i se ztrátami.

$$P_{skut} = \frac{P_{ie}}{\eta_{ie} \cdot \eta_{el} \cdot \eta_m} \text{ [kW]} \quad (11)$$

$$P_{skut} = \frac{3,5}{0,76 \cdot 0,95 \cdot 0,92}$$

$$P_{skut} = 5,27 \text{ kW}$$

Kde: η_{ie} je izoentropická účinnost [-]
 η_{el} je účinnost elektromotoru [-]
 η_m je mechanická účinnost kompresoru [-]

5.2.7 Celkový příkon kondenzační jednotky

Je příkon kompresoru a příkon ventilátorů. Tento příkon budu znát, až zvolím správný výkon kompresoru, kapitola 7.3.3.

5.2.8 Kondenzační výkon

Výkon kondenzátoru je součet chladicího výkonu a izoentropického příkonu kompresoru.

$$\dot{Q}_t = q_t \cdot \dot{m} \text{ [kW]} \quad (12)$$

$$\dot{Q}_t = 163,6 \cdot 0,126$$

$$\dot{Q}_t = 20,6 \text{ kW}$$

Kontrola $\dot{Q}_t = \dot{Q}_o + P_{ie} \text{ [kW]} \quad (13)$

$$\dot{Q}_t = 17,1 + 3,5$$

$$\dot{Q}_t = 20,6 \text{ kW}$$

5.2.9 Topný a chladicí faktor

Topný faktor

$$\varepsilon_t = \frac{\dot{Q}_k}{P_{ie}} \quad [-] \quad (14)$$

$$\varepsilon_t = \frac{163,6}{27,8} = 5,885$$

Chladicí faktor

$$\varepsilon_o = \frac{\dot{Q}_o}{P_{ie}} \quad [-] \quad (15)$$

$$\varepsilon_o = \frac{17,1}{3,5} = 4,886$$

Skutečný chladicí faktor

$$\varepsilon_{o,skut} = \frac{\dot{Q}_o}{P_{skut}} \quad [-] \quad (16)$$

$$\varepsilon_{o,skut} = \frac{17,1}{5,27} = 3,245$$

5.2.10 Průřezy spojovacího potrubí

Při výpočtu průřezu si nejprve přepočítáme hmotnostní průtok na kilogramy za hodinu.

Hmotnostní průtok

$$\dot{m} = 0,126 \cdot 3600$$

$$\dot{m} = 453,6 \text{ kg/h}$$

Dále musíme znát hustotu při dané teplotě, slouží k výpočtu objemového průtoku. K tomu použijeme následující tabulky.

Objemový průtok

$$\dot{V} = \frac{\dot{m}}{\rho} \text{ [m}^3\text{/h]} \quad (17)$$

Kde: ρ je hustota chladiva [kg/m³]

Objemový průtok v bodě 3

Chladivo sběrač kapaliny – výparník (kapalina), hustota při teplotě 45 °C, bod 3

TEMP. °C	PRESSURE kPa (abs)	VOLUME m ³ /kg		DENSITY kg/m ³		ENTHALPY kJ/kg			ENTROPY kJ/(kg)(K)		TEMP. °C
		LIQUID v _f	VAPOR v _g	LIQUID 1/v _f	VAPOR 1/v _g	LIQUID h _f	LATENT h _{fg}	VAPOR h _g	LIQUID s _f	VAPOR s _g	
45	1161.01	0.0009	0.0174	1124.5	57.630	264.2	157.7	421.9	1.2148	1.7105	45
46	1191.41	0.0009	0.0169	1120.0	59.261	265.7	156.6	422.3	1.2195	1.7101	46
47	1222.41	0.0009	0.0164	1115.6	60.934	267.3	155.4	422.7	1.2242	1.7097	47
48	1253.95	0.0009	0.0160	1111.0	62.652	268.8	154.3	423.1	1.2290	1.7093	48
49	1286.17	0.0009	0.0155	1106.4	64.415	270.4	153.1	423.5	1.2337	1.709	49

Tab. 5.3 Hustota chladiva při teplotě 45 °C [16]

$$\dot{V} = \frac{453,58}{1124,5} = 0,4 \text{ m}^3\text{/h}$$

Objemový průtok v bodě 1

Chladivo výparník – kompresor (pára), hustota při teplotě 2 °C, bod 1

TEMP. °C	PRESSURE kPa (abs)	VOLUME m ³ /kg		DENSITY kg/m ³		ENTHALPY kJ/kg			ENTROPY kJ/(kg)(K)		TEMP. °C
		LIQUID v _f	VAPOR v _g	LIQUID 1/v _f	VAPOR 1/v _g	LIQUID h _f	LATENT h _{fg}	VAPOR h _g	LIQUID s _f	VAPOR s _g	
0	292.93	0.0008	0.0693	1293.3	14.435	200.0	198.8	398.8	1.0000	1.7278	0
1	303.70	0.0008	0.0669	1290.0	14.946	201.3	198.0	399.4	1.0049	1.7273	1
2	314.77	0.0008	0.0646	1286.7	15.472	202.7	197.3	400.0	1.0098	1.7267	2
3	326.16	0.0008	0.0624	1283.4	16.013	204.0	196.5	400.5	1.0146	1.7262	3
4	337.85	0.0008	0.0604	1280.1	16.569	205.4	195.7	401.1	1.0195	1.7257	4

Tab. 5.4 Hustota chladiva při teplotě 2 °C [16]

$$\dot{V} = \frac{453,58}{15,472} = 29,32 \text{ m}^3\text{/h}$$

K výpočtu průřezu potrubí ještě potřebujeme znát rychlosti chladiva.

Chladivo HFC – 134a

Výtlačné potrubí	10 -14 m/s
Potrubí kondenzátu	$\leq 0,5$ m/s
Kapalinové potrubí	$\leq 0,8$ m/s
Sací potrubí	7 – 11 m/s

Tab. 5.5 Doporučené rychlosti chladiva [15]

K výpočtu zvolím rychlost kapaliny 0,4 m/s a rychlost v sacím potrubí 8 m/s.

Průřez potrubí

$$\dot{V} = S \cdot w \cdot 3600 \text{ [m}^3/\text{h]} \quad (18)$$

Kde: S je průřez potrubí [m²]

w je rychlost proudění [m/s]

Průřez potrubí sběrač kapaliny – výparník (kapalina), bod 3

$$S = \frac{\dot{V}}{w \cdot 3600} \text{ [m}^2\text{]}$$

$$S = \frac{0,4}{0,4 \cdot 3600} = 0,000278 \text{ m}^2$$

$$d = \sqrt{\frac{0,000278 \cdot 4}{\pi}} = 0,0188 \text{ m} = 18,8 \text{ mm}$$

Průřez potrubí výparník - kompresor (pára), bod 1

$$S = \frac{29,32}{8 \cdot 3600} = 0,00102 \text{ m}^2$$

$$d = \sqrt{\frac{0,00102 \cdot 4}{\pi}} = 0,03604 \text{ m} = 36,04 \text{ mm}$$

5.3 Kontrola výpočtu v Excelu aplikaci Cool Prop

Při kontrole výpočtu jsem použil Excel, aplikaci Cool prop a funkci Props. Napřed jsem zadal do programu hodnoty pouze pro teoretický oběh. Druhá verze je už skutečný s přehřátím, podchlazením a s izoentropickou účinností. Výhodou tohoto programu jsou přesné hodnoty vypočítaných entalpií a tlaků, které používáme při dalších výpočtech. Příklad výpočtu entalpie bodu 1, Props("H";"T";D3;"Q";1;B5).

5.3.1 Výpočet teoretického oběhu v Excelu

Nejprve jsem zkontroloval v Excelu výpočet parametrů teoretického oběhu

	A	B	C	D	E	F
1	Props					
2	Qo	17,1 kW				
3	to	2 °C		275,15 K		
4	tt	45 °C		318,15 K		
5	Chladivo	R134a				
6						
7						
8	Bod	Entalpie [kJ/kg]	Tlak [kPa]	Entropie [kJ/kg K]	Teplota [K]	Suchost [-]
9	1	399,7660766	314,6194375	1,726000255		
10	2	426,8917783	1159,924238		322,742	
11	3	263,9429265	1159,924238			
12	4	263,9429265	314,6194375			0,3108
13						
14						
15	qo [kJ/kg]	135,8231501	kontrola			
16	qt [kJ/kg]	162,9488518	162,9488518			
17	a [kJ/kg]	27,1257017				
18						
19	m [kg/s]	0,125899009				
20	P [kW]	3,415098963				
21	Qt [kW]	20,51509896				
22						
23	Epsilon o [-]	5,007175542				
24	Epsilon t [-]	6,007175542				
25						
26	Sigma [-]	3,686753264				
27	t max [K]	322,742	49,592 °C			
28	x bodu 4 [-]	0,3108				

Tab. 5.6 Vypočtené hodnoty v Excelu

5.3.1.1 Zadané hodnoty

Props

Q _o	17,1 kW	
t _o	2 °C	275,15 K
t _t	15 °C	318,15 K
Chladivo	R - 134a	

Tab. 5.7 Zadané hodnoty

Chladicí výkon $Q_o = 17,1 \text{ kW}$

Vypařovací teplota $t_o = 2 \text{ °C} = 275,15 \text{ K}$

Kondenzační teplota $t_t = 45 \text{ °C} = 318,15 \text{ K}$

Chladivo HFC – 134a

5.3.1.2 Entalpie, tlak a entropie oběhu

Bod	Entalpie [kJ/kg]	Tlak [kPa]	Entropie [kJ/kg K]
1	399,8	314,6	1,73
2	426,9	1159,9	
3	263,9	1159,9	
4	263,9	314,6	

Tab. 5.8 Výpočet entalpií, tlaku a entropie bodu 1

Entalpie bodů $h_1 = 399,8 \text{ kJ/kg}$

$h_2 = 426,9 \text{ kJ/kg}$

$h_3 = 263,9 \text{ kJ/kg}$

$h_4 = 263,9 \text{ kJ/kg}$

Tlaky $p_o = 314,6 \text{ kPa}$

$p_t = 1159,9 \text{ kPa}$

Entropie bodu 1 $s_1 = 1,73 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$

5.3.1.3 Výkony, příkon, chladicí, topný faktor

V následující tabulce vidíme, že hodnoty v aplikaci Cool prop se od analytického výpočtu moc neliší, takže výpočet je správný. Navíc je zde spočítána maximální teplota chladiva v oběhu.

q _o [kJ/kg]	135,82
q _t [kJ/kg]	162,95
a [kJ/kg]	27,13
m [kg/s]	0,13
P [kW]	3,42
Q _t [kW]	20,52
E _o [-]	5,01
E _t [-]	6,01
Sigma [-]	3,69
t _{max} [K]	322,74
t _{max} [°C]	49,59
x bodu 4 [-]	0,31

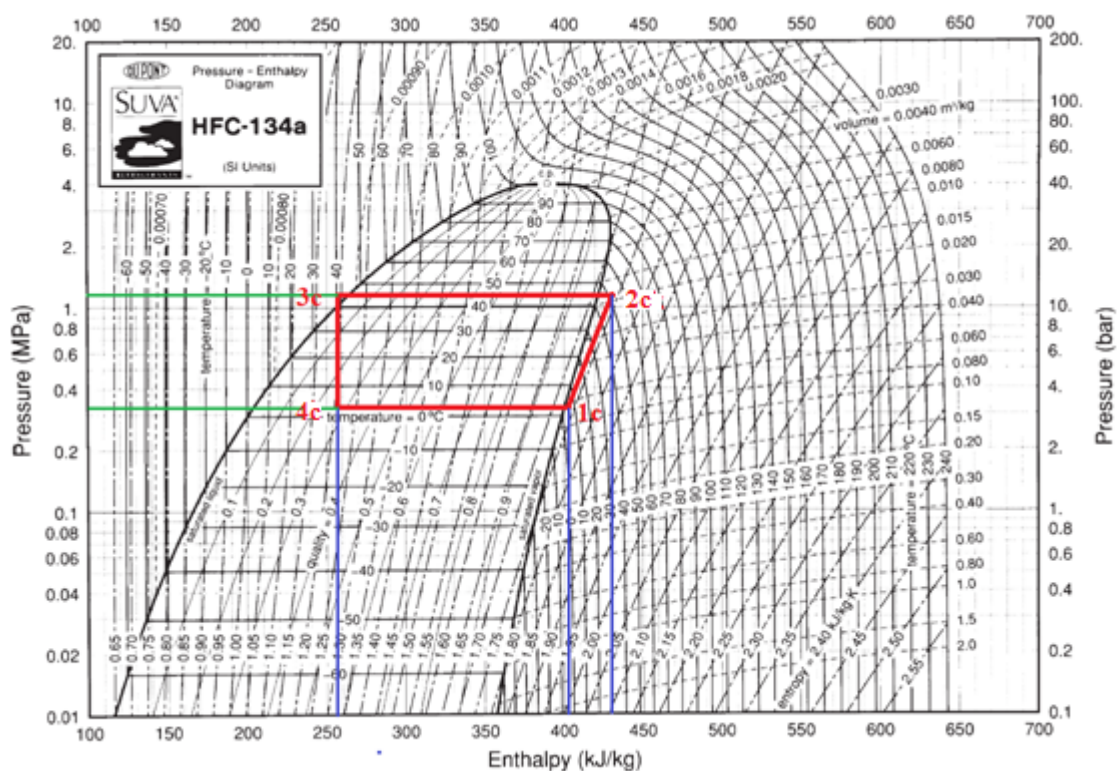
Tab. 5.9 Výpočet výkonů

Hmotnostní chladivost	$q_0 = 135,82 \text{ kJ/kg}$
Hmotnostní topivost	$q_t = 162,95 \text{ kJ/kg}$
Izoentropická práce	$a = 27,13 \text{ kJ/kg}$
Hmotnostní průtok	$\dot{m} = 0,13 \text{ kg/s}$
Topný výkon	$\dot{Q}_t = 20,52 \text{ kW}$
Chladicí faktor	$\varepsilon_o = 5,01$
Topný faktor	$\varepsilon_t = 6,01$
Maximální teplota	$t_{\max} = 322,74 \text{ K} = 49,59 \text{ °C}$
Suchost bodu 4	$x_4 = 0,31$

5.3.2 Výpočet reálného oběhu

Protože do reálného oběhu vstupují různé vlivy, jako jsou ztráty, přehřátí, nebo podchlazení, musíme s nimi počítat. Odchylky z původního $p - h$ diagramu jsem zakreslil v novém.

V diagramu bod 1c je posunutý doprava o přehřátí za výparníkem, proto se posune i izoentropa. Tím se zvedne entalpie a maximální teplota oběhu, bod 2c. Za kondenzátorem je reakce opačná, vzniká podchlazení bod 3c. Zde pouze klesne entalpie, která má stejnou entalpii jako bod 4c. Tlaky vzhledem k stejné vypařovací a kondenzační teplotě jsou stejné jako u teoretického oběhu.



Obr. 5.2 $p - h$ diagram vypařování HFC – 134a [16]

5.3.2.1 Výpočet reálného oběhu v Excelu

Mléko teče do chladicího tanku tři hodiny. Proto v této technologii použiju kompresory dva o nižším výkonu. V následující kapitole, tvorba simulace, je to podrobně popsáno.

V tomto výpočtu počítám s přehřátím a podchlazením, ale už i s chladicím výkonem jednoho kompresoru 11350 W. Tento výkon použiju při návrhu kondenzační jednotky v programu Cool-prop.

	A	B	C	D	E	F
1	Props					
2	Qo	11,35 kW				
3	to	2 C		275,15 K		
4	tt	45 C		318,15 K		
5	Chladivo	R134a				
6	podchlazení	3 K				
7	přehřátí	5 K				
8	eta_ie	0,667				
9						
10						
11	Bod	Entalpie kJ/kg	Tlak Pa	Entropie kJ/kgK	Teplota K	Suchost
12	1	399,7660766	314,6194375	1,726000255		
13	1c	404,2768955		1,742247321	327,39	
14	2	426,8917783	115,9924238			
15	2c	438,1822671				
16	3	263,9429265	115,9924238			
17	3c	259,3860628				
18	4c	259,3860628	314,6194375			0,28768
19						
20	qo [kJ/kg]	144,8908326	kontrola			
21	qt [kJ/kg]	178,7962043	178,7962043			
22	a [kJ/kg]	33,90537162				
23						
24	m [kg/s]	0,0783348				
25	P [kW]	2,655971816				
26	Qt [kW]	14,00597182				
27						
28	epso [-]	4,27338872				
29	epst [-]	5,27338872				
30						
31	sigma [-]	3,686753264				
32	tmax [K]	327,39	54,2401 °C			
33	x4 [-]	0,287677489				

Tab. 5.10 Výpočet reálného oběhu - Excel

5.3.2.2 Zadané hodnoty

Zde nám v tabulce přibyla hodnota podchlazení, přehřátí a izoentropické účinnosti.

Props

Qo	11,35	
to	2 °C	275,15 K
tt	15 °C	318,15 K
Chladivo	R - 134a	
Podchlazení	3 K	
Přehřátí	5 K	
Eta ie	0,667	

Tab. 5.11 Zadané hodnoty

5.3.2.3 Entalpie, tlak a entropie oběhu

Protože křivka komprese v grafu je více vpravo, mírně narostla entalpie. Na opačné straně škrcení se posunula do leva a tím je entalpie nižší než u teoretického oběhu. Entropie bodu 1 se také zvýšila.

Bod	Entalpie [kJ/kg]	Tlak [kPa]	Entropie [kJ/kg K]
1	399,8	314,6	1,73
1c	404,3		1,74
2	426,9	1159,9	
2c	438,2		
3	263,9	1159,9	
3c	259,4		
4c	259,4	314,6	

Tab. 5.12 Výpočet entalpií, tlaku a entropie bodu 1

5.3.2.4 Výkony, příkon, chladicí a topný faktor

Hodnoty těchto veličin jsou také vlivem rozdílů entalpií pozměněny. Hmotnostní topivost a chladivost se spolu s izoentropickou prací zvýšila. S menším výkonem kompresoru se snížil izoentropický příkon a s ním tedy topný výkon. Snížil se chladicí a topný faktor, ale i hmotnostní průtok. Maximální teplota je vlivem přehřátí vyšší a suchost bodu 4 vlivem podchlazení nižší. Tlakový poměr je stejný, protože tlaky kondenzace a vypařování se nemění.

q _o [kJ/kg]	144,89
q _t [kJ/kg]	178,80
a [kJ/kg]	33,91
m [kg/s]	0,08
P [kW]	2,66
Q _t [kW]	14,01
E _o [-]	4,27
E _t [-]	5,27
Sigma [-]	3,69
t _{max} [K]	327,39
t _{max} [°C]	54,24
x bodu 4 [-]	0,29

Tab. 5.13 Výpočet výkonů

6 Využití kondenzačního tepla

Z ochlazování mléka nám vzniká v kondenzátoru teplo. Vzhledem k úspoře energie teplo využijeme k ohřevu vody, která je v technologii potřebná k sanitaci a čištění prostoru mléčnice. Pro akumulaci této vody je v systému zásobník na 2000 litrů. Pro rezervu jsou zde ještě přidány dva dvěstělitrové elektrické ohříváče. Vše je popsáno v další kapitole.

6.1 Možné spotřebiče

Sanitace – čištění chladicího tanku a dojícího zařízení, 200 litrů vody po dojení

Čištění mléčnice (dojírny) - 30 litrů vody na pětiminutový interval

Sprchy – voda k hygieně personálu, zpravidla na konci směny

7 Návrh chladicího systému a využití kondenzačního tepla rekuperací

[1,2,3,4,5,6,7,8,11,12,13,14]

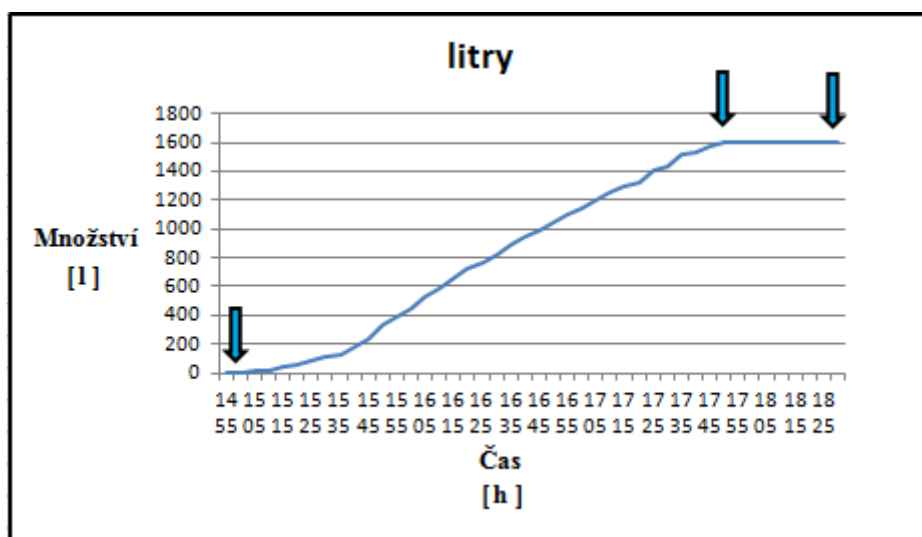
Nejprve jsem si vytvořil nový plán přítoku mléka do chladicího tanku v závislosti na čase, podle původního. Je zvýšený o plánovaných 30 %.

čas	litry		
14 55	0	←	Začátek dojení
15 00	6		
15 05	18		
15 10	19		
15 15	37		
15 20	51		
15 25	78		
15 30	113		
15 35	132		
15 40	180		
15 45	236		
15 50	335		
15 55	389		
16 00	443		
16 05	537		
16 10	592		
16 15	658		
16 20	727		
16 25	763		
16 30	824		
16 35	893		
16 40	947		
16 45	990		
16 50	1051		
16 55	1104		
17 00	1144		
17 05	1195		
17 10	1250		
17 15	1303		
17 20	1327		
17 25	1402		
17 30	1433		
17 35	1517		
17 40	1537		
17 45	1570		
17 50	1600	←	Konec dojení
17 55	1600		
18 00	1600		
18 05	1600		
18 10	1600	←	Dochlazování na 5 °C
18 15	1600		
18 20	1600		
18 25	1600		
18 30	1600		

Tab. 7.1 Tabulka přítoku mléka

Při návrhu si nejprve připomeneme vypočtené potřebné hodnoty a cíle. Pro vychlazení 1600 l mléka za tři hodiny, potřebujeme 17,1 kW průměrný chladicí výkon. Mléko teče do tanku 3 hodiny. Po devíti hodinách musíme vychladit dalších 1600 l mléka, což je druhé dojení. Po tomto cyklu je mléko odvezeno a musí se provést sanitace chladicího tanku a dojicího zařízení. Vodu pro sanitaci budeme používat z rekuperace kondenzačního tepla, které bude předávat výměník před kondenzátorem. Při dojení je potřeba ještě teplá voda k čištění dojírny. K akumulaci rekuperovaného tepla jsem zvolil již zmíněný zásobník na 2000 litrů.

Pro lepší orientaci jsem vytvořil z předchozí tabulky graf.



Obr. 7.1 Graf pří toku mléka

Dalším krokem bylo vytvořit simulaci chladicího systému. Použil jsem k tomu program Excel. Objem jsem přepočítal na hmotnost. Pro vychlazení mléka použiju chladicí tank TCool od firmy GEA o objemu 10 000 litrů. Tento tank je předimenzován vzhledem k dennímu dojení, pro případ, kdyby selhal odvoz mléka.

Vstupní hodnoty jsou v dalším bodě, výkony kompresorů jsou určeny ze simulace v programu Excel, tak aby splňovaly požadované ochlazení mléka v daném čase.

7.1 Tvorba simulace chladicího systému s využitím odpadního tepla

Schéma tohoto systému je zakresleno v příloze I / 2: Schéma chladicího oběhu I.

Vstupní a vypočtené hodnoty

Množství mléka	1600 l
Doba dojení	3 h
Doba mezi dojeními	9 h
Počáteční teplota mléka	$t = 36\text{ °C}$
Měrná tepelná kapacita mléka	$c_p = 3500\text{ J/kg}\cdot\text{K}$
Výkon prvního kompresoru	$Q_o = 11350\text{ W}$
Výkon prvního a druhého kompresoru	$Q_o = 22700\text{ W}$
Hodnocený interval	$\tau = 300\text{ s}$
Hustota mléka	$\rho = 1030\text{ kg/m}^3$
Měrná tepelná kapacita vody	$c_p = 4187\text{ J/kg}\cdot\text{K}$

Chladicí tank TCool



Obr. 7.2 Chladicí tank TCool [5]

Základní tabulka pro výpočet

Zde v tabulce jsou přepočítány litry na kilogramy a jejich rozdíl v jednotlivém intervalu.

čas [h]	čas [s]	litry I.	litry II.	Rozdíl	kg I.	kg II.	Rozdíl
14 55	0	0	1600	0	0	1648	0
15 00	0	6	1606	6	6,18	1654,18	6,18
15 05	0	18	1618	12	18,54	1666,54	12,36
15 10	0	19	1619	1	19,57	1667,57	1,03
15 15	0	37	1637	18	38,11	1686,11	18,54
15 20	0	51	1651	14	52,53	1700,53	14,42
15 25	0	78	1678	27	80,34	1728,34	27,81
15 30	0	113	1713	35	116,39	1764,39	36,05
15 35	300	132	1732	19,00	135,96	1783,96	19,57
15 40	600	180	1780	48	185,4	1833,4	49,44
15 45	900	236	1836	56	243,08	1891,08	57,68
15 50	1 200	335	1935	99	345,05	1993,05	101,97
15 55	1500	389	1989	54	400,67	2048,67	55,62
16 00	1800	443	2043	54	456,29	2104,29	55,62
16 05	2100	537	2137	94	553,11	2201,11	96,82
16 10	2400	592	2192	55	609,76	2257,76	56,65
16 15	2700	658	2258	66	677,74	2325,74	67,98
16 20	3000	727	2327	69	748,81	2396,81	71,07
16 25	3300	763	2363	36	785,89	2433,89	37,08
16 30	3600	824	2424	61	848,72	2496,72	62,83
16 35	3900	893	2493	69	919,79	2567,79	71,07
16 40	4200	947	2547	54	975,41	2623,41	55,62
16 45	4500	990	2590	43	1019,7	2667,7	44,29
16 50	4800	1051	2651	61	1082,53	2730,53	62,83
16 55	5100	1104	2704	53	1137,12	2785,12	54,59
17 00	5400	1144	2744	40	1178,32	2826,32	41,2
17 05	300	1195	2795	51	1230,85	2878,85	52,53
17 10	600	1250	2850	55	1287,5	2935,5	56,65
17 15	900	1303	2903	53	1342,09	2990,09	54,59
17 20	1200	1327	2927	24	1366,81	3014,81	24,72
17 25	1500	1402	3002	75	1444,06	3092,06	77,25
17 30	1800	1433	3033	31	1475,99	3123,99	31,93
17 35	2100	1517	3117	84	1562,51	3210,51	86,52
17 40	2400	1537	3137	20	1583,11	3231,11	20,6
17 45	2700	1570	3170	33	1617,1	3265,1	33,99
17 50	3000	1600	3200	30	1648	3296	30,9
17 55	3300	1600	3200	0	1648	3296	0
18 00	3600	1600	3200	0	1648	3296	0
18 05	3900	1600	3200	0	1648	3296	0
18 10	4200	1600	3200	0	1648	3296	0
18 15	4500	1600	3200	0	1648	3296	0
18 20	4800	1600	3200	0	1648	3296	0
18 25	5100	1600	3200	0	1648	3296	0
18 30	5400	1600	3200	0	1648	3296	0

Tab. 7.2 Základní výpočty

7.1.1 První dojení

V této tabulce prvního dojení je důležitý sloupec T-2, chlazení mléka v chladicím tanku a sloupec T-5, ohřev vody v akumulčním zásobníku.

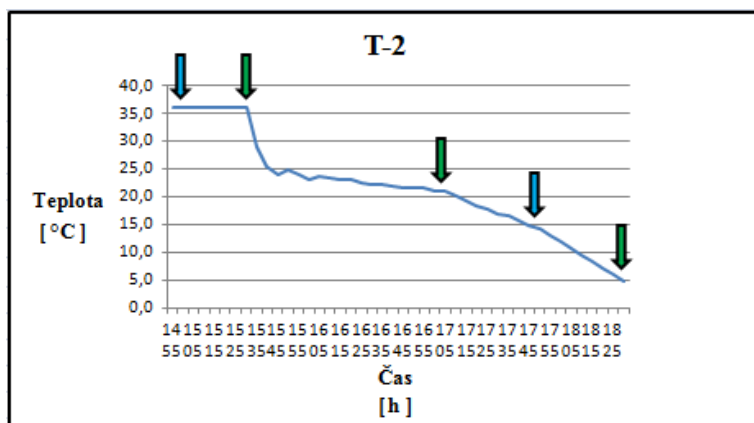
Interval	Množství	Směs	Teplota	Ohřev	Chlazení	Teplota
h	kg	mléka	mléka	vody	vody	vody

čas [h]	množství	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	
14 55	0	36,0	36,0	30,0	30,0	30,0	← Začátek dojení
15 00	6,18	36,0	36,0	29,7	29,7	29,7	
15 05	18,54	36,0	36,0	29,4	29,4	29,4	
15 10	19,57	36,0	36,0	29,1	29,1	29,1	
15 15	38,11	36,0	36,0	28,8	28,8	28,8	
15 20	52,53	36,0	36,0	28,5	28,5	28,5	
15 25	80,34	36,0	36,0	28,3	28,3	28,3	
15 30	116,39	36,0	36,0	28,0	28,0	28,0	← 1. kompresor zapnutý
15 35	135,96	36,0	28,8	28,5	27,7	28,2	Začíná ohřev vody
15 40	185,4	30,8	25,5	29,0	27,5	28,5	
15 45	243,08	28,0	24,0	29,5	27,2	28,7	
15 50	345,05	27,5	24,7	30,0	26,9	29,0	
15 55	400,67	26,3	23,9	30,5	26,7	29,2	
16 00	456,29	25,3	23,2	31,0	26,4	29,5	
16 05	553,11	25,4	23,7	31,5	26,2	29,7	
16 10	609,76	24,8	23,2	32,0	25,9	30,0	
16 15	677,74	24,5	23,1	32,5	25,7	30,2	
16 20	748,81	24,3	23,0	33,0	25,5	30,5	
16 25	785,89	23,6	22,4	33,5	25,2	30,8	
16 30	848,72	23,4	22,2	34,0	25,0	31,0	
16 35	919,79	23,3	22,2	34,5	24,8	31,3	
16 40	975,41	23,0	22,0	35,0	24,6	31,6	
16 45	1019,7	22,6	21,7	35,5	24,3	31,9	
16 50	1082,53	22,5	21,6	36,0	24,1	32,2	
16 55	1137,12	22,3	21,5	36,5	23,9	32,5	
17 00	1178,32	22,0	21,1	37,0	23,7	32,7	
17 05	1230,85	21,8	21,0	37,5	23,5	33,0	← 1. a 2. kompresor zapnutý
17 10	1287,5	21,6	20,1	38,5	23,3	33,8	
17 15	1342,09	20,8	19,3	39,5	23,1	34,6	
17 20	1366,81	19,6	18,2	40,5	22,9	35,5	
17 25	1444,06	19,2	17,8	41,5	22,7	36,3	
17 30	1475,99	18,2	16,9	42,6	22,5	37,1	
17 35	1562,51	17,9	16,7	43,6	22,3	37,9	
17 40	1583,11	16,9	15,7	44,6	22,1	38,7	
17 45	1617,1	16,1	14,9	45,6	22,0	39,5	
17 50	1648	15,3	14,2	46,6	21,8	40,4	← Konec dojení
17 55	1648	14,2	13,0	47,6	21,6	41,2	
18 00	1648	13,0	11,8	48,6	21,4	42,0	Termostat vypíná čerpadlo
18 05	1648	11,8	10,6			42,0	Končí ohřev vody
18 10	1648	10,6	9,4			42,0	Chladí kondenzátor
18 15	1648	9,4	8,3			42,0	Dochlazování
18 20	1648	8,3	7,1			42,0	
18 25	1648	7,1	5,9			42,0	
18 30	1648	5,9	4,7			42,0	← 1. a 2. kompresor vypnutý

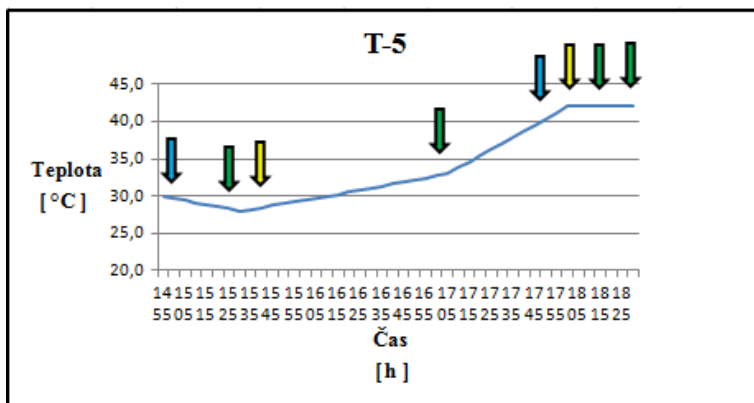
Tab. 7.3 Tabulka prvního dojení

První dojení začíná kolem třetí hodiny odpoledne. Teplota přitékajícího mléka je 36 °C. Během dojení se mléko průběžně chladí. V tabulce jsou vyznačené veškeré důležité body chlazení. Je zde označen začátek dojení 14:55 hodin. Zapnutí prvního kompresoru, při němž začíná ohřev vody v akumulacním zásobníku, je v 15:30. První kompresor se zapíná až po natečení 100 litrů mléka, aby nedocházelo při malém množství mléka a velkému chladicímu výkonu k zamrznutí. V 17:05, začínají běžet oba dva kompresory. Dalším bodem je konec dojení 17:50 hodin. Všechny tyto řádky jsou označeny modře. Po konci dojení, se mléko dochlazuje na požadovanou teplotu 4-5 °C, do 18:30 hodin. Žlutě vyznačené pole je teplota, při které vypíná termostat oběhové čerpadlo v okruhu rekuperace tepla, aby byly splněny podmínky přenosu tepla. V tomto bodě končí ohřev vody a chladivo se chladí pouze v kondenzační jednotce. V průběhu dojení je spotřeba 30 litrů vody v každém intervalu.

Pro lepší představu jsem vytvořil grafy s jednotlivými body



Obr. 7.3 Graf chlazení mléka v tanku



Obr. 7.4 Graf ohřívání vody v akumulacním zásobníku

Příklad výpočtu

Interval	Množství	Směs	Teplota	Ohřev	Chlazení	Teplota
h	kg	mléka	mléka	vody	vody	vody

čas [h]	množství	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5
---------	----------	-----	-----	-----	-----	-----

16 00	456,29	25,3	23,2	31,0	26,4	29,5
-------	--------	------	------	------	------	------

Z tabulky jsem vybral jeden řádek pro příklad výpočtu.

Čas **16.00 hodin**

V prvním sloupci je čas průběhu dojení v časových intervalech po pěti minutách.

Množství **456,29 kg** přepočet na kg ($\rho = 1030 \text{ kg/m}^3$)

Ve druhém sloupci je množství natečeného mléka v daném čase v kilogramech.

T-1 Směs mléka **25,3 °C**

V tomto sloupci je směšovací rovnicí vypočítaná teplota směsi nově natečeného a již zchlazeného mléka z předešlého intervalu.

Směšovací rovnice $m_1 \cdot (t - t_1) = m_2 \cdot (t_2 - t)$ (19)

$$t = \frac{(m_1 \cdot t_1) + (m_2 \cdot t_2)}{(m_1 + m_2)} \text{ [°C]}$$

kde: t je výsledná teplota směsi [°C]

t_1 je teplota mléka v chladícím tanku [°C]

t_2 je teplota přitékajícího mléka [°C]

m_1 je množství mléka v chladícím tanku [°C]

m_2 je množství přitékajícího mléka [°C]

T-2 Teplota mléka 23,2 °C

Na základě této hodnoty, jsem rovnicí chladicího výkonu spočítal teplotu ochlazeného mléka téhož intervalu.

Rovnice chladicího výkonu

$$Q = \frac{m \cdot c_p \cdot \Delta t}{\tau} \text{ [kW]} \quad (1)$$

$$t_2 = t_1 - \frac{Q \cdot \tau}{m \cdot c_{p \text{ mléka}}} \text{ [°C]}$$

kde:	t_1	je teplota směsi v daném intervalu [°C]
	Q	je chladicí výkon kompresoru [kW]
	τ	je časový interval [s]
	m	je množství mléka [kg]
	$c_{p \text{ mléka}}$	je měrná tepelná kapacita mléka [kJ/kg·K]

T-3 Ohřev vody 31,0 °C

Tímto sloupcem začíná výpočet rekuperace tepla z kondenzátoru. Je to teplota vody v akumulární nádobě v daném intervalu. Ohřev začíná až od zapnutí prvního kompresoru a zapnutím druhého se dvojnásobí. Končí kondenzační teplotou, protože nelze ohřát médium na vyšší teplotu než je teplota zdroje tepla. Při výpočtu musíme znát topný výkon, je to součet chladicího výkonu a izoentropického příkonu.

Topný výkon $\dot{Q}_t = q_t \cdot \dot{m} \text{ [kW]} \quad (12)$

Vzorec výpočtu $t_3 = t + \frac{(Q_t \cdot \tau)}{(m_1 + m_2 \cdot c_{p \text{ vody}})} \text{ [°C]} \quad (19)$

Kde:	t	je teplota t_3 předešlého intervalu [°C]
	Q_t	je topný výkon [kW]
	$c_{p \text{ vody}}$	je měrná tepelná kapacita vody [kJ/kg·K]

T-4 Chlazení vody 26,4 °C

V tomto sloupci je teplota vody v zásobníku, která se snižuje nově přitékající vodou do zásobníku o teplotě 10 °C z řadu. Při simulaci jsem počítal s odběrem 30 litrů vody, v každém 5 minutovém intervalu. Je to reálná hodnota spotřeby vody pro umývání dojírny. Je to potřebný výpočet pro reálnou teplotu vody v akumulacním zásobníku.

Vzorec výpočtu

$$t_4 = \frac{(m_1 \cdot t) + (m_2 \cdot t_1)}{m} \text{ [°C]} \quad (20)$$

kde: $m_1 = 1970 \text{ kg}$ je množství vody v zásobníku bez odebrané

t je teplota vody v zásobníku [°C]

$m_2 = 30 \text{ kg}$ je množství vody přitečené z řadu

t_1 je teplota přitečené vody [°C]

T – 5 Teplota vody

Poslední sloupec je skutečná teplota vody v akumulacním zásobníku v průběhu dojení.

$$t_5 = t + (t_1 - t_2) - (t_3 - t_4) \text{ [°C]} \quad (21)$$


kde: t je teplota vody z předešlého intervalu [°C]

t_1, t_2 je rozdíl teplot při ohřevu vody mezi intervaly [K]

t_3, t_4 je rozdíl teplot při ochlazování vody mezi intervaly [K]

7.1.2 Doba mezi dojením

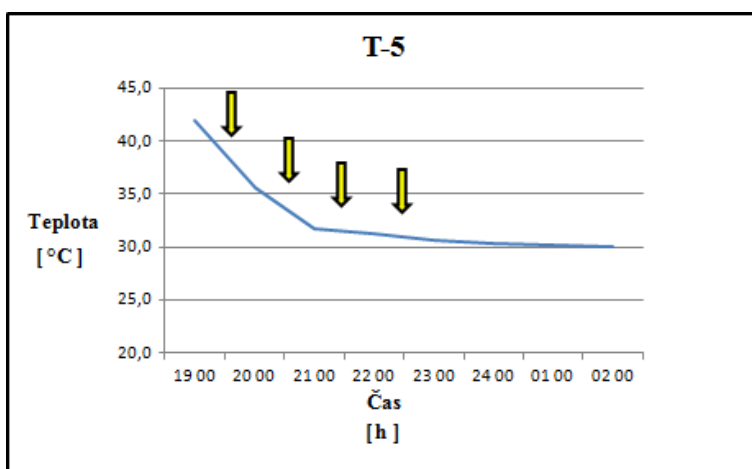
Interval	Množství	Směs	Teplota	Ohřev	Chlazení	Teplota
h	kg	mléka	mléka	vody	vody	vody

čas [h]	množství	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	Doba mezi dojením 9 hodin			
19 00	1648	0	4,7	0	0	42,0		Spotřeba vody	Umývání	400 l
20 00	1648	0	4,8	0	0	35,6			Sprchy	300 l
21 00	1648	0	4,9	0	0	31,8			proplach	50 l
22 00	1648	0	5,0	0	0	31,2			proplach	50 l
23 00	1648	0	5,1	0	0	30,7				
24 00	1648	0	5,2	0	0	30,4				
01 00	1648	0	5,3	0	0	30,2				
02 00	1648	0	5,4	0	0	30,0				
								0,5 K ztráty		

Tab. 7.4 Tabulka období mezi dojením

Mezi prvním a druhým dojením je asi devět hodin. V tomto časovém intervalu se mléko nechladí, teplota mléka se během této doby zvýší o 0,7 K vlivem tepelných nežádoucích zisků. Voda v akumulacním zásobníku se neohřívá a vzhledem k odběru vody teplota klesá. Hned po dojení a po dochlazení se spustí sanitace (proplach) dojícího zařízení, při němž se spotřebuje 100 litrů vody. Zároveň obsluha umývá dojírnu, zde počítám 400 litry vody a na závěr sprchy pro obsluhu dojírny 300 litrů vody. Teplota v akumulacním zásobníku klesne i vlivem tepelných ztrát 0,5 K na 30 °C, zelené pole v tabulce.

Tyto teploty mléka a vody v posledním řádku jsou výchozí pro další výpočty v druhém dojení.



Obr. 7.5 Graf ochlazování vody v akumulacním zásobníku

7.1.3 Druhé dojení

Hodnoty této tabulky vychází z hodnot předešlé. Opět jsou důležité sloupce T-2 chlazení mléka a T-5, ohřev vody.

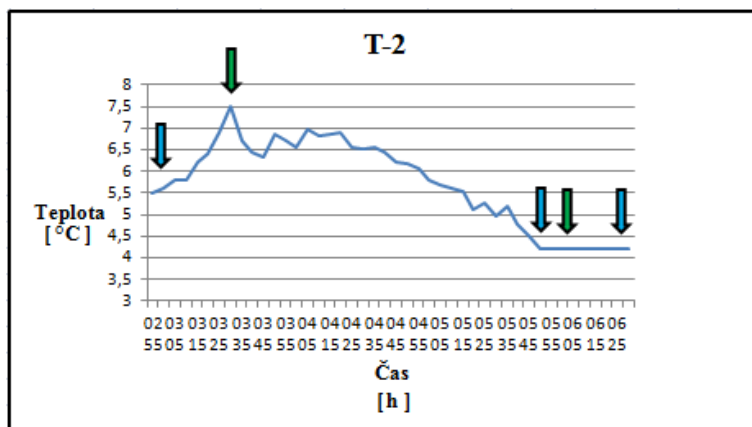
Interval	Množství	Směs	Teplota	Ohřev	Chlazení	Teplota
h	kg	mléka	mléka	vody	vody	vody

čas [h]	množství	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	
02 55	1648	5,5	5,5	30,0	30,0	30,0	← Druhé dojení
03 00	1654,18	5,6	5,6	29,7	29,7	29,7	
03 05	1666,54	5,8	5,8	29,4	29,4	29,4	
03 10	1667,57	5,9	5,8	29,1	29,1	29,1	
03 15	1686,11	6,2	6,2	28,8	28,8	28,8	
03 20	1700,53	6,4	6,4	28,5	28,5	28,5	
03 25	1728,34	6,9	6,9	28,3	28,3	28,3	
03 30	1764,39	7,5	7,5	28,0	28,0	28,0	← 1. a 2. kompresor zapnutý Začíná ohřev vody
03 35	1783,96	7,8	6,7	29,0	27,7	28,7	
03 40	1833,4	7,5	6,5	30,0	27,5	29,5	
03 45	1891,08	7,4	6,3	31,0	27,2	30,2	
03 50	1993,05	7,8	6,9	32,0	26,9	31,0	
03 55	2048,67	7,7	6,7	33,0	26,7	31,7	
04 00	2104,29	7,5	6,6	34,0	26,4	32,5	
04 05	2201,11	7,9	7,0	35,0	26,2	33,2	
04 10	2257,76	7,7	6,8	36,0	25,9	34,0	
04 15	2325,74	7,7	6,8	37,0	25,7	34,7	
04 20	2396,81	7,7	6,9	38,0	25,5	35,5	
04 25	2433,89	7,3	6,5	39,0	25,2	36,3	
04 30	2496,72	7,3	6,5	40,0	25,0	37,1	
04 35	2567,79	7,3	6,6	41,0	24,8	37,8	
04 40	2623,41	7,2	6,4	42,0	24,6	38,6	
04 45	2667,7	6,9	6,2	43,1	24,3	39,4	
04 50	2730,53	6,9	6,2	44,1	24,1	40,2	
04 55	2785,12	6,8	6,1	45,1	23,9	41,0	
05 00	2826,32	6,5	5,8	46,1	23,7	41,8	
05 05	2878,85	6,4	5,7	47,1	23,5	42,6	Termostat vypíná čerpadlo
05 10	2935,5	6,3	5,6			42,1	Končí ohřev vody
05 15	2990,09	6,2	5,5			41,6	Chladí kondenzátor
05 20	3014,81	5,8	5,1			41,1	
05 25	3092,06	5,9	5,3			40,7	
05 30	3123,99	5,6	5,0	40,2	40,2	40,2	Termostat zapíná čerpadlo
05 35	3210,51	5,8	5,2	41,2	39,8	40,8	
05 40	3231,11	5,4	4,8	42,2	39,3	41,3	
05 45	3265,1	5,1	4,5	43,2	38,9	41,9	
05 50	3296	4,8	4,2	44,2	38,4	42,4	← Konec dojení
05 55	3296		4,2			42,4	1. a 2. kompresor vypnutý
06 00	3296		4,2			42,4	Termostat vypíná čerpadlo
06 05	3296		4,2			42,4	
06 10	3296		4,2			42,4	
06 15	3296		4,2			42,2	
06 20	3296		4,2			42,2	
06 25	3296		4,2			42,2	← Odvoz mléka
06 30	3296		4,2			42,2	

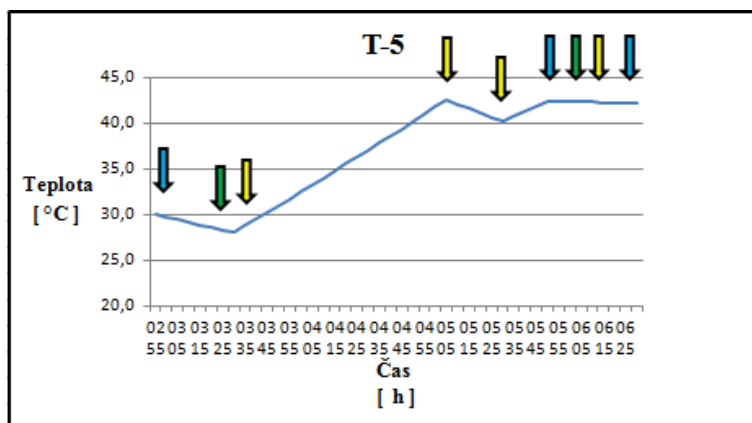
Tab. 7.5 Tabulka druhého dojení

Druhé dojení začíná kolem třetí hodiny, ráno. Teplota přitékajícího mléka je 36 °C, ale mléko v tanku má teplotu 5,5 °C, proto průběh teplot v tabulce je jiný než při prvním dojení. Začátek je v 2:55 hodin. Vzhledem k množství mléka, musí běžet oba dva kompresory. Do doby než se zapnou 3:30, teplota mléka narůstá vzhledem k nově přitékajícímu. Čas zapnutí jsem zvolil ze simulace v Excelu. Po zapnutí se mléko začíná chladit a voda v akumulacním zásobníku, ohřívát. Žluté pole v tabulce je teplota, kdy termostat vypíná oběhové čerpadlo rekuperačního ohřevu, aby byly splněny podmínky přenosu tepla 5:05 hodin. Zde končí ohřev vody a chladivo okruhu se chladí pouze v kondenzační jednotce. Vzhledem k tomu, aby voda v akumulacním zásobníku měla potřebnou teplotu, termostat ještě jednou zapne a vypne čerpadlo. Při konci dojení 5:50, se zároveň vypínají i oba kompresory. Potom se mléko odváží ke zpracování.

Pro lepší představu jsem vytvořil grafy s jednotlivými body




Obr 7.6 Graf chlazení mléka v tanku



Obr. 7.7 Graf ohřívání vody v akumulacním zásobníku

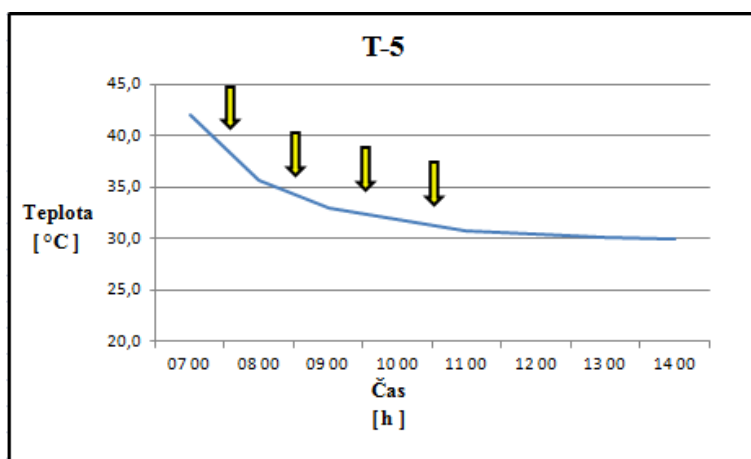
7.1.4 Doba po druhém dojení

Interval	Množství	Směs	Teplota	Ohřev	Chlazení	Teplota
h	kg	mléka	mléka	vody	vody	vody

čas [h]	množství	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	Doba mezi dojením 9 hodin		
07 00	0	0	0	0	0	42,0		Spotřeba vody	Umývání 400 l
08 00	0	0	0	0	0	35,6			
09 00	0	0	0	0	0	33,0			
10 00	0	0	0	0	0	31,9			
11 00	0	0	0	0	0	30,8			
12 00	0	0	0	0	0	30,4			
13 00	0	0	0	0	0	30,2			
14 00	0	0	0	0	0	30,0			
								0,5 K ztráty	

Tab. 7.6 Tabulka po druhém dojení

Po druhém dojení je stejná doba, než se začne opět dojit. Mléko je odvezené ke zpracovateli, chladič tank je prázdný, chlazení neběží. Teplota vody v akumulacním zásobníku, podobně jako mezi prvním a druhým dojením klesá vlivem spotřeby. Spouští se sanitace (proplach) dojícího zařízení, kde se spotřebuje 100 litrů vody. Znovu se umývá dojírna, spotřeba 400 litrů, a protože je chladič tank prázdný, spustí se i jeho sanitace (proplach), dalších 100 litrů. Posledních 200 litrů je na sprchy pro obsluhu. Zde počítám také s tepelnými ztrátami. Teplota klesne na 30 °C, zelené pole v tabulce. S touto teplotou počítám v dalším cyklu.



Obr. 7.8 Graf ochlazování vody v akumulacním zásobníku

Pokud teplá voda nebude stačit, jsou tu v záloze dva dvousetlitrové elektrické ohřívače a pokud se voda nespoteřebuje, bude se vypínat oběhové čerpadlo okruhu.

7.2 Simulace chlazení mléka s předchlazením

Průtok mléka	Interval Výkon	Teplota 30 l	Teplota Úprava
Průtok	Q	T-3	T-3a
0	0	0	0
0,0206	1442	13,4	13,4
0,0412	2884	16,9	16,9
0,00343	240,333	10,6	10,6
0,0618	4326	20,3	20,3
0,04807	3364,67	18,0	18
0,0927	6489	25,5	25,5
0,12017	8411,67	30,1	30,1
0,06523	4566,33	20,9	20,9
0,1648	11536	37,6	32
0,19227	13458,7	42,1	32
0,3399	23793	66,8	32
0,1854	12978	41,0	32
0,1854	12978	41,0	32
0,32273	22591,3	64,0	32
0,18883	13218,3	41,6	32
0,2266	15862	47,9	32
0,2369	16583	49,6	32
0,1236	8652	30,7	30,7
0,20943	14660,3	45,0	32
0,2369	16583	49,6	32
0,1854	12978	41,0	32
0,14763	10334,3	34,7	32
0,20943	14660,3	45,0	32
0,18197	12737,7	40,4	32
0,13733	9613,33	33,0	32
0,1751	12257	39,3	32
0,18883	13218,3	41,6	32
0,18197	12737,7	40,4	32
0,0824	5768	23,8	23,8
0,2575	18025	53,0	32
0,10643	7450,33	27,8	27,8
0,2884	20188	58,2	32
0,06867	4806,67	21,5	21,5
0,1133	7931	28,9	28,9
0,103	7210	27,2	27,2
0	0	10	10
0	0	10	10
0	0	10	10
0	0	10	10
0	0	10	10
0	0	10	10
0	0	10	10
0	0	10	10

Druhým řešením využití tepla mléka pro úsporu, je spojení rekuperace s chlazením mléka před vstupem do chladičného tanku. Průtok výměníkem. Tento systém je zakreslen v příloze I / 3: Schéma chladičného oběhu II.

Nejprve jsem si spočítal průtok mléka v každém intervalu, první sloupec.

Vzorec
$$\dot{m} = \frac{m}{\tau} \text{ [kg/s]} \quad (22)$$

Kde: m je množství mléka [kg]

τ je časový interval [s]

Dále jsem spočítal topný výkon, ten je důležitý pro výpočet teploty přitékajícího mléka.

Vzorec
$$Q = \dot{m} \cdot c_{p \text{ mléka}} \cdot t \text{ [W]} \quad (23)$$

Kde: t je rozdíl teplot mléka před a za výměníkem [K]

Ve třetím sloupci je výpočet teploty přitékající vody do akumulčního zásobníku v daném intervalu. Tato teplota je výchozí pro další výpočet.

Vzorec
$$t = \frac{(Q \cdot c_{p \text{ vody}}) \cdot t_1}{\dot{m}_{\text{vody}}} \quad (24)$$

Kde: t teplota přitékající vody [°C]






\dot{m}_{vod} průtok vody výměníkem [kg/s]

Tab. 7.7 Tabulka výpočtů pro řešení

7.2.1 První dojení

Zde nás bude zajímat sloupec T-2 a sloupec T-6.

Interval	Množství	Směs	Teplota	Ohřev	Chlazení	Teplota
h	kg	mléka	mléka	vody	vody	vody

čas [h]	množství	T-1	T-2	T-4	T-5	T-6	
14 55	0	16,0	16,0	30,0	30,0	30,0	 Začátek dojení
15 00	6,18	16,0	16,0	29,8	29,8	29,8	
15 05	18,54	16,0	16,0	29,6	29,6	29,6	
15 10	19,57	16,0	16,0	29,3	29,3	29,3	
15 15	38,11	16,0	16,0	29,1	29,1	29,1	
15 20	52,53	16,0	16,0	29,0	29,0	29,0	
15 25	80,34	16,0	16,0	28,9	28,9	28,9	
15 30	116,39	16,0	16,0	28,9	28,9	28,9	 1. kompresor zapnutý
15 35	135,96	16,0	13,5	29,1	28,8	29,0	Začíná ohřev vody
15 40	185,4	14,1	12,3	29,3	28,9	29,2	
15 45	243,08	13,2	11,8	29,4	28,9	29,4	
15 50	345,05	13,0	12,0	29,6	29,0	29,7	
15 55	400,67	12,6	11,7	29,8	29,0	29,9	
16 00	456,29	12,2	11,5	30,0	29,0	30,1	
16 05	553,11	12,3	11,7	30,1	29,1	30,3	
16 10	609,76	12,1	11,5	30,3	29,1	30,6	
16 15	677,74	11,9	11,4	30,5	29,2	30,8	
16 20	748,81	11,9	11,4	30,7	29,2	31,0	
16 25	785,89	11,6	11,2	30,8	29,2	31,2	
16 30	848,72	11,5	11,1	31,0	29,3	31,4	
16 35	919,79	11,5	11,1	31,2	29,3	31,6	
16 40	975,41	11,4	11,1	31,4	29,4	31,8	
16 45	1019,7	11,3	10,9	31,6	29,4	32,1	
16 50	1082,53	11,2	10,9	31,7	29,4	32,3	
16 55	1137,12	11,2	10,9	31,9	29,5	32,5	
17 00	1178,32	11,0	10,7	32,1	29,5	32,7	
17 05	1230,85	11,0	10,7	32,3	29,6	32,9	 1. a 2. kompresor zapnutý
17 10	1287,5	10,9	10,4	32,6	29,6	33,3	
17 15	1342,09	10,6	10,1	33,0	29,6	33,7	
17 20	1366,81	10,2	9,7	33,3	29,5	34,0	
17 25	1444,06	10,0	9,6	33,7	29,6	34,4	
17 30	1475,99	9,7	9,2	34,0	29,6	34,7	
17 35	1562,51	9,6	9,2	34,4	29,6	35,1	
17 40	1583,11	9,3	8,8	34,7	29,5	35,3	
17 45	1617,1	9,0	8,6	35,1	29,5	35,7	
17 50	1648	8,7	8,3	35,5	29,4	36,0	 Konec dojení
17 55	1648	8,3	7,9	35,8		35,8	Končí odběr vody
18 00	1648	7,9	7,4	36,2		36,2	pouze se ohřívá
18 05	1648	7,4	7,0	36,5		36,5	
18 10	1648	7,0	6,6	36,9		36,9	
18 15	1648	6,6	6,2	37,2		37,2	Dochlazování
18 20	1648	6,2	5,8	37,6		37,6	
18 25	1648	5,8	5,4	37,9		37,9	
18 30	1648	5,4	4,9	38,3		38,3	 1. a 2. kompresor vypnutý

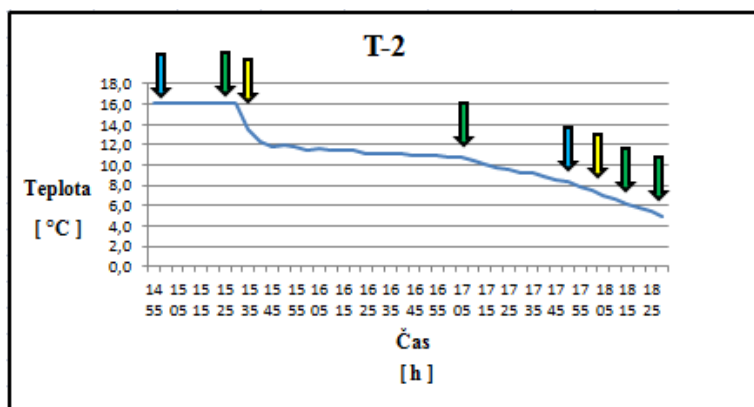
Tab. 7.8 Tabulka prvního dojení

V této simulaci jsem vložil před chladicí tank protiproudý výměník. Teplota natékajícího mléka klesla na 16 °C. Toto bude základní teplota pro další výpočet. Protože tato teplota je výrazně nižší, je nižší i potřebný chladicí výkon a tedy kompresor nižší řady. S tím souvisí i úspora elektrické energie. Bilanci provedu v další kapitole.

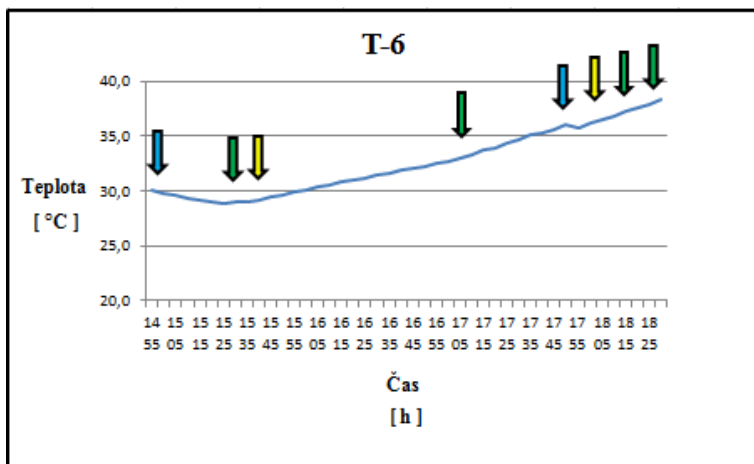
Podle simulace v Excelu mi vyšel kompresor o chladicím výkonu 4010 W.

Postup výpočtu je podobný jako u první simulace. Mléko se zchladí na 4-5 °C. I zde je potřeba chodu obou kompresorů, tím se navýší výkon na 8020 W.

Při rekuperačním ohřevu dochází ke změnám. Voda v akumulacním zásobníku nedosáhne požadovanou teplotu, jako u první technologie 42 °C. Musíme tuto vodu dohřát, k tomu máme v záloze elektrické ohříváče. Teplotu vody z řadu, která se ohřála mlékem ve výměníku, beru pro výpočet z tabulky 7.5, sloupce T-3a.



Obr 7.9 Graf chlazení mléka v tanku



Obr. 7.10 Graf ohřívání vody v akumulacním zásobníku

7.2.2 Doba mezi dojením

Důležité sloupce T-2 a T-6.

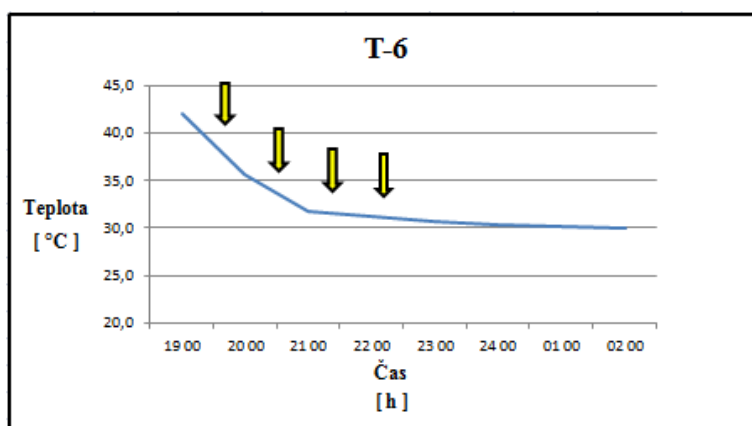
Interval	Množství	Směs	Teplota	Ohřev	Chlazení	Teplota
h	kg	mléka	mléka	vody	vody	vody

čas [h]	kg	T-1	T-2	T-4	T-5	T-6	Doba mezi dojením 9 hodin		
19 00	1648	0	4,9	0	0	42,0		Spotřeba vody	Umývání 400 l
20 00	1648	0	5,0	0	0	35,6			Sprchy 300 l
21 00	1648	0	5,1	0	0	31,8			proplach 50 l
22 00	1648	0	5,2	0	0	31,2			proplach 50 l
23 00	1648	0	5,3	0	0	30,7			
24 00	1648	0	5,4	0	0	30,4			
01 00	1648	0	5,5	0	0	30,2			
02 00	1648	0	5,6	0	0	30,0			0,5 K ztráty

Tab. 7.9 Tabulka období mezi dojením

V době mezi dojením teplota mléka naroste vlivem tepelných nežádoucích zisků stejně. Dohřátá voda na 42 °C, nám vystačí na umývání dojírny, proplach a sprchy. Abychom, mohli provést porovnání s předchozí technologií a energetickou bilanci, musíme elektrickou energii pro dohřátí vody započítat do celkové bilance. U tohoto dojení je to teplo pro ohřev 2000 kg vody o 4 K.

Veškeré navýšení spotřeby vody pokryjí elektrické ohřivače.



Obr. 7.11 Graf ochlazování vody v akumulačním zásobníku

7.2.3 Druhé dojení

Opět důležité sloupce T-2 a T-6.

Interval	Množství	Směs	Teplota	Ohřev	Chlazení	Teplota
h	kg	mléka	mléka	vody	vody	vody

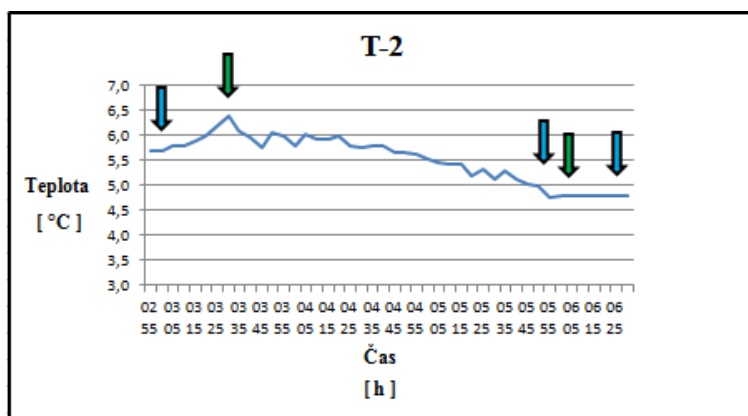
čas [h]	množství	T-1	T-2	T-4	T-5	T-6	
02 55	1648	5,7	5,7	30,0	30,0	30,0	← Druhé dojení
03 00	1654,18	5,7	5,7	29,8	29,8	29,8	
03 05	1666,54	5,8	5,8	29,6	29,6	29,6	
03 10	1667,57	5,8	5,8	29,3	29,3	29,3	
03 15	1686,11	5,9	5,9	29,1	29,1	29,1	
03 20	1700,53	6,0	6,0	29,0	29,0	29,0	
03 25	1728,34	6,2	6,2	28,9	28,9	28,9	
03 30	1764,39	6,4	6,4	28,9	28,9	28,9	← 1. a 2. kompresor zapnutý Začíná ohřev vody
03 35	1783,96	6,5	6,1	29,3	28,8	29,2	
03 40	1833,4	6,3	6,0	29,6	28,9	29,6	
03 45	1891,08	6,1	5,8	30,0	28,9	30,0	
03 50	1993,05	6,4	6,0	30,4	29,0	30,4	
03 55	2048,67	6,3	6,0	30,7	29,0	30,8	
04 00	2104,29	6,1	5,8	31,1	29,0	31,2	
04 05	2201,11	6,3	6,0	31,4	29,1	31,6	
04 10	2257,76	6,2	5,9	31,8	29,1	32,0	
04 15	2325,74	6,2	5,9	32,1	29,2	32,4	
04 20	2396,81	6,3	6,0	32,5	29,2	32,8	
04 25	2433,89	6,1	5,8	32,8	29,2	33,1	
04 30	2496,72	6,0	5,8	33,2	29,3	33,5	
04 35	2567,79	6,1	5,8	33,5	29,3	33,9	
04 40	2623,41	6,0	5,8	33,9	29,4	34,3	
04 45	2667,7	5,9	5,6	34,3	29,4	34,7	
04 50	2730,53	5,9	5,6	34,6	29,4	35,1	
04 55	2785,12	5,9	5,6	35,0	29,5	35,5	
05 00	2826,32	5,8	5,5	35,3	29,5	35,9	
05 05	2878,85	5,7	5,5	35,7	29,6	36,3	
05 10	2935,5	5,7	5,4	36,0	29,6	36,7	
05 15	2990,09	5,7	5,4	36,4	29,6	37,1	
05 20	3014,81	5,4	5,2	36,7	29,5	37,3	
05 25	3092,06	5,5	5,3	37,1	29,6	37,7	
05 30	3123,99	5,3	5,1	37,4	29,6	38,1	
05 35	3210,51	5,5	5,3	37,8	29,6	38,5	
05 40	3231,11	5,3	5,1	38,2	29,5	38,7	
05 45	3265,1	5,2	5,0	38,5	29,5	39,0	
05 50	3296	5,2	5,0	38,9	29,4	39,4	← Konec dojení 1. a 2. kompresor vypnutý Končí ohřev vody
05 55	3296	5,0	4,8	39,2		39,2	
06 00	3296		4,8			39,2	
06 05	3296		4,8			39,2	
06 10	3296		4,8			39,2	
06 15	3296		4,8			39,2	
06 20	3296		4,8			39,2	
06 25	3296		4,8			39,2	
06 30	3296		4,8			39,2	← Odvoz mléka

Tab. 7.10 Tabulka druhého dojení

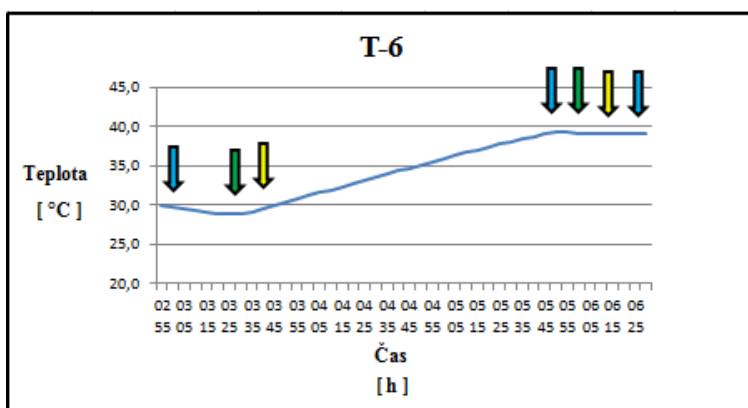
U druhého dojení je stejný scénář výpočtu. I zde se zapínají oba dva kompresory současně, aby stačily vychladit mléko. Při zapnutí se voda v akumulacním zásobníku začne ohřívat a s vypnutím ohřev končí. Vzhledem k nízkému výkonu je ohřev pomalejší. Stejně jako u předešlé simulace, se nestačí voda v akumulacním zásobníku ohřát na 42 °C, proto ji musíme také dohřát. U druhého dojení je to o stupeň méně 3 °C. I tuto energii budeme počítat do celkové bilance.

Vychlazené mléko se odveze ke spotřebiteli.

Pro lepší představu jsem vytvořil grafy s jednotlivými body



Obr 7.12 Graf chlazení mléka v tanku




Obr. 7.13 Graf ohřívání vody v akumulacním zásobníku

7.2.4 Doba po druhém dojení

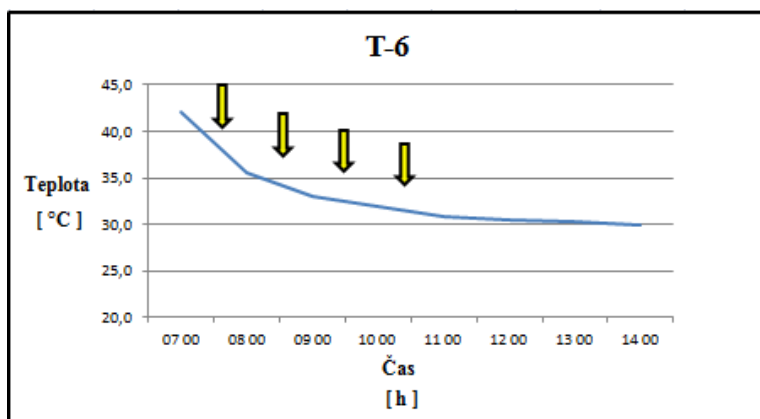
Zde nás zajímá pouze sloupec T-6.

Interval	Množství	Směs	Teplota	Ohřev	Chlazení	Teplota
h	kg	mléka	mléka	vody	vody	vody

čas [h]	kg	T-1	T-2	T-4	T-5	T-6		Doba mezi dojením 9 hodin	
07 00	0	0	0	0	0	42,0		Spotřeba vody	Umývání 400 l
08 00	0	0	0	0	0	35,6			Sprchy 200 l
09 00	0	0	0	0	0	33,0			proplach 100 l
10 00	0	0	0	0	0	31,9			proplach 100 l
11 00	0	0	0	0	0	30,8			
12 00	0	0	0	0	0	30,4			
13 00	0	0	0	0	0	30,2			
14 00	0	0	0	0	0	30,0		0,5 K ztrát	

Tab. 7.11 Tabulka po druhém dojení

Tato tabulka je také stejná, jako u předešlé simulace. Protože tu probíhá i proplach chladicího tanku, to je 100 litrů vody navíc, musíme ještě snížit množství vody na sprechy pro personál. Stejně hodnoty jsem uváděl i v předchozí technologii.



Obr. 7.14 Graf ochlazování vody v akumulčním zásobníku

V této simulaci maximálně využijeme akumulární teplo chladicího zařízení.

Hodnoty vstupních a výstupních teplot jednotlivých tabulek v obou simulacích, jsou navrženy tak, aby na sebe navazovali.

Příklad výpočtu tabulek Excelu, je v příloze A.

7.3 Výběr vhodných komponentů chladicího oběhu podle výpočtu

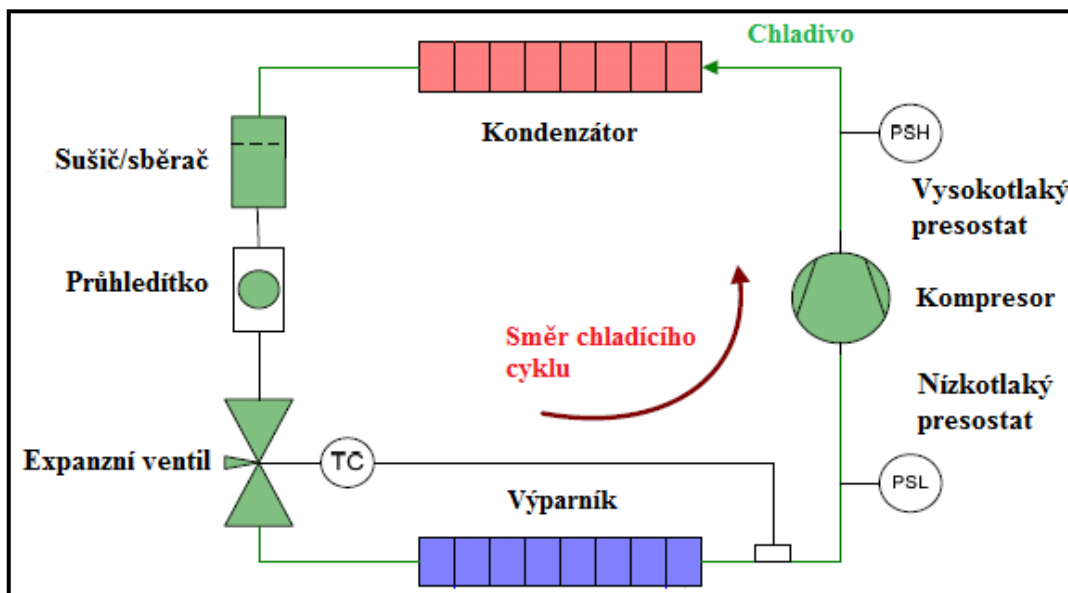
Podle množství mléka jsem zvolil chladicí tank (výparník) a k volbě zbylých komponentů jsem použil program Select Copeland. Výběr je pro první technologii (simulaci) s výměníkem rekuperace tepla.

Zadané hodnoty do programu

Chladivo	R134a
Vypařovací teplota	2 °C
Kondenzační teplota	45 °C
Přehřátí	5 K
Podchlazení	3 K

Tab. 7.12 Vstupní hodnoty

Schéma jednoduchého jednostupňového chladicího okruhu



Obr. 7.15 Jednoduchý okruh [14]

7.3.1 Chladicí tank TCool – výparník, expanzní ventil

Výparník je výměník tepla, ve kterém chladivo absorbuje teplo z vnějšího nízkoteplotního zdroje. Hodnota teploty a tlaku zůstává stejná.

Na našem trhu je několik výrobců chladicí techniky. Pro výběr chladicího tanku jsou rozhodující parametry, jako je množství nadojeného mléka, dále prostor, ve kterém bude umístěn a v neposlední řadě spotřeba energie.

Já jsem zvolil tank od osvědčené firmy GEA Farm Technologies. Objem má 10000 litrů. Vzhledem k množství mléka nadojeného za den, je předimenzován. Zvolil jsem rezervu, kdyby selhal odvoz mléka. Rozměry a typy chladicích tanků jsou v příloze B.

Tento tank má v sobě zabudovaný expanzní ventil. Výhodou jsou energeticky úsporné agregáty a vynikající izolační vlastnosti. Může být integrován do systému DMS 21. Je to elektronický systém kontroly. Je popsán také v příloze B.



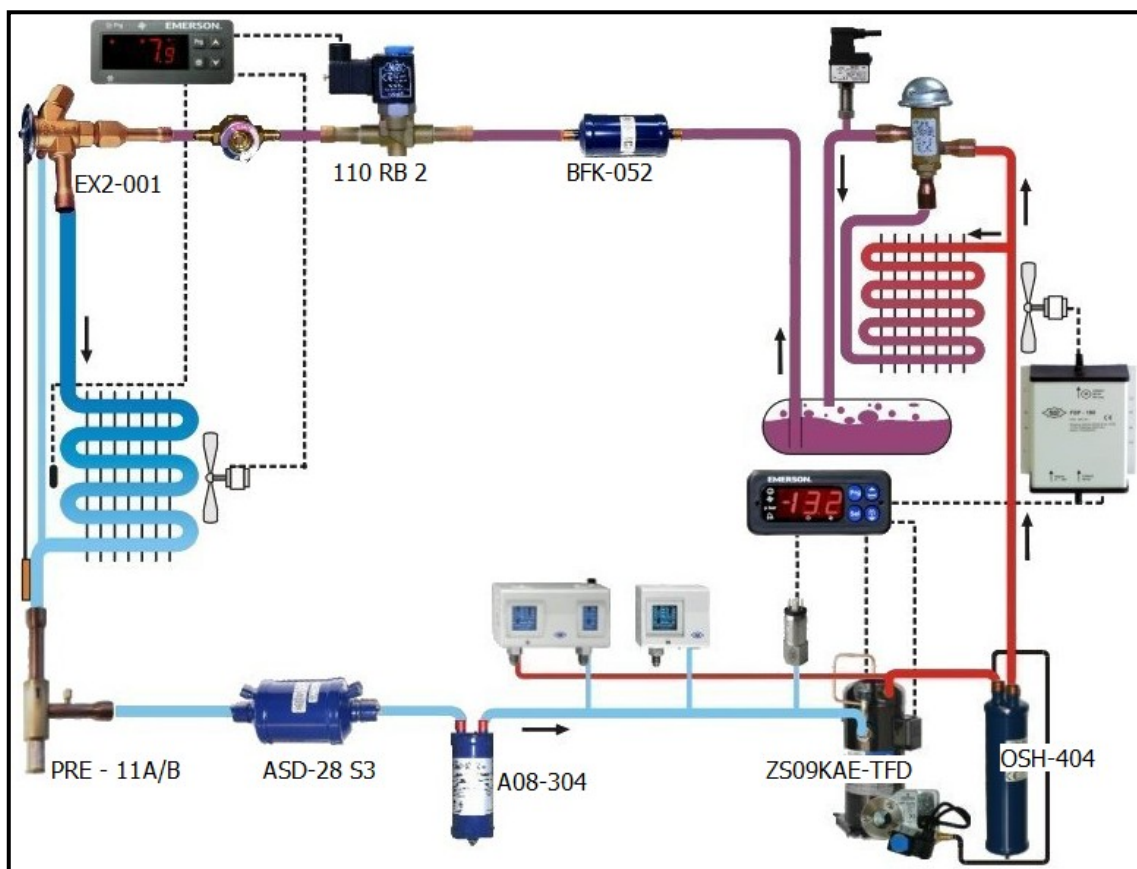
Obr. 7.16 Chladicí tank TCool [5]

Nastavil jsem hodnoty okruhu do programu Copeland pro výběr kompresoru a ostatních komponentů.

chladiivo R134a rosny bod napájení <input checked="" type="radio"/> 50 Hz <input type="radio"/> 60 Hz 380/420V - 3~ - 50Hz	<input type="radio"/> požadavek 11,00 kW <input checked="" type="radio"/> vlastní výběr ZS09KAE-TFD všechny typy	vypařovací teplota °C: 2,00 užitečné přehřátí 100% přehřátí sání K: 5,00 kondenzační teplota °C: 45,00 podchlazení K: 3,00 EN125 AHRI
---	--	---

Obr. 7.17 Zadané hodnoty v Copelandu

Program mi vyhodnotil nejvhodnější kombinaci agregátů chladicího okruhu. Pro naše ztížené podmínky, budu volit jednodušší verzi.

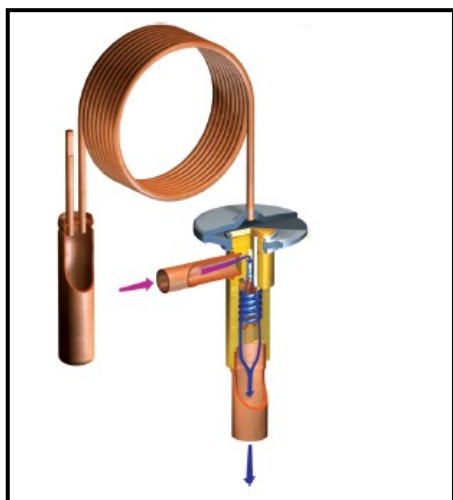


Obr. 7.18 Schéma komponentů okruhu Copelandu

Expanzní ventil je škrticí ventil, ve kterém proběhne izoentalpická expanze. Sníží se tlak, chladivo se vypaří a výrazně ochladí. Rozděluje oběh spolu s kompresorem na vysokotlakou a nízkotlakou část. Je součástí chladicího tanku.

Nejvíce se používají mechanické expanzní ventily. Dělí se podle způsobu expanze na automatické a termostatické.

Program vybral elektronický expanzní ventil s předřazeným elektromagnetickým ventilem. V chladicím tanku je mechanický, termostatický. Pro naše podmínky je jednoduchost na místě.



Obr. 7.19 Příklad mechanického, termostatického expanzního ventilu [12]

7.3.2 Kondenzační jednotka

Na rozdíl od výběru výparníku, který je částečně daný výběrem chladicího tanku, při výběru kondenzátoru máme větší prostor.

Můžeme také použít kompresor s odděleným kondenzátorem, záleží na uspořádání, chladicím výkonu a velikosti prostoru. Já jsem zvolil kondenzační jednotku vzhledem k dispozičnímu řešení.

Po zadání parametrů do programu Select Copeland jsem pro potřebný chladicí výkon $Q_o = 11350 \text{ W}$, zvolil kondenzační jednotku MC – S9 – ZB50KE – TFD.

Kondenzační jednotka se skládá z již zmíněného kompresoru, kondenzátoru, sběrače chladiva, presostatů, průhledítka a uzavíracích ventilů.

Kompresor

Kompresor nasává vypařené chladivo a stlačí je na vyšší tlak a s tím se zvýší i teplota. Většinou bývá poháněn elektromotorem. U nižších výkonů se používají hermeticky uzavřené. Jsou vybaveny zpětnými ventily pro zamezení zpětného chodu chladiva.

U chladicích okruhů lze použít různé druhy kompresorů, záleží na konkrétní situaci a podmínkách. Je na nás vyhodnotit, který kompresor je nejvhodnější.

Rozdělení	objemové do 1,5 m³/s	vratný pohyb pístu, membránové, rotační
	rychlostní od 1,5 m³/s	proudové, lopatkové
Podle uložení elektromotoru		ucpávkové, polohermetické, hermetické

Já jsem si vybral kompresor rotační, dvouhřídelový, scroll, spirálový Copeland. Ty se vyrábí od roku 1979. Používají se u chlazení, klimatizace a tepelných čerpadel.

Typové řady kompresorů Copeland Scroll

ZR, ZP, ZB, ZS	chlazení, klimatizace R22, R134a, R407C, R410A, R404A/R507
ZH	pouze pro tepelná čerpadla R134a, 407C
ZF	mrazicí a chladicí rozsah do -45°C

Chladivo – příloha

Chladivo je látka, nebo substance, která při nízkém tlaku a teplotě teplo přijímá a je při vyšší teplotě a tlaku odevzdává. U kapalných chladiv se mění skupenství

Pro náš oběh jsem zvolil chladivo HFC – 134a, chemický název Tetrafluorethan $\text{CF}_3\text{CH}_2\text{F}$, obchodní označení R – 134a. Jednosložkové chladivo s rozsahem vypařovacích teplot od -30 °C do 5 °C. Druhy a vlastnosti chladiv jsou v příloze C.

Mazací oleje

ICI Emkarate RL 32 CF (polyesterový), ICI Emkarate RL 32- 3MAF (polyesterový)

Kompresor ZB50KE – TFD, mazací olej ICI Emkarate RL 32 CF

Technické údaje kompresoru jsou v příloze D.



Obr. 7.20 Kompresor Copeland [11]

Kondenzátor

Je tepelný výměník, ve kterém se teplo komprimovaného plynu chladiva transformuje do teplotnosného média (vzduch, voda). Při kondenzaci zůstává stejná teplota i tlak (neplatí u zeotropních směsí – teplotní skluz).

Kondenzátor, který program Copeland vybral, je s dvěma ventilátory typu S9/271 a je součástí kondenzační jednotky.



Obr. 7.21 Příklad kondenzátoru [12]

Sběrač chladiva

Uskladňuje chladivo, které není přechodně používáno v oběhu. V závislosti na provozních podmínkách se množství chladiva mění. Je umístěn ve vysokotlaké části za kondenzátorem. Jeho velikost zpravidla bývá taková, aby všechno chladivo v oběhu zaplnilo maximálně 80 % jeho objemu.

Sběrač chladiva je také součástí kondenzační jednotky, kterou jsem vybral. Je stojatý o objemu 11,7 litrů.

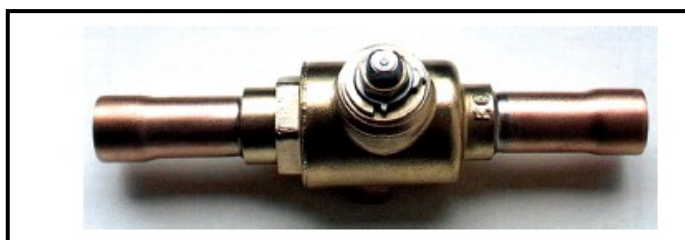


Obr. 7.22 Typy sběračů chladiva [12]

Uzavírací ventily

Jsou příslušenství na přání k naší jednotce, jeden je u sběrače chladiva a druhý je na sání kompresoru. Umožňují lepší údržbu, a při opravě se nemusí všechno chladivo odsávat. Zpravidla se používají ruční, a to buď membránové, nebo kulové.

Já použiji moderní kulový, jeho výhodou je uzavření pouze jednou otáčkou. Podle průměru potrubí zvolím typ.

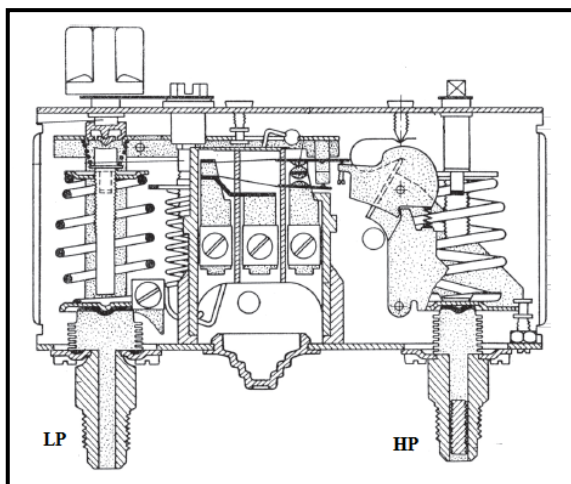


Obr. 7.23 Provedení ručního kulového uzavíracího ventilu [12]

Presostat

Kombinovaný tlakový spínač, který je součástí kondenzační jednotky, je vybaven presostaty (vysokotlaký a nízkotlaký vypínač). Je to bezpečnostní zařízení, které při poklesu tlaku způsobené únikem chladiva, nebo zvýšením tlaku chladiva z důvodu zanesení teplosměnných ploch kondenzátoru, vypne kompresor. Nestandardní provozní podmínky zvyšují náklady a mohou způsobit poškození zařízení. Pravidelná údržba oběhu.

Kombinovaný presostat je součástí příslušenství kondenzační jednotky, a je typu ALCO PS2-W7A.



Obr. 7.24 Schéma kombinovaného presostatu [12]

Průhledítko

Je speciální armatura, která umožňuje vizuální kontrolu chladiva oběhu přímo za provozu. Pokud je v oběhu málo chladiva, v průhledítku se objeví bublinky páry, a to je signál pro doplnění chladiva. Bývá opatřeno indikátorem vlhkosti. Vkládá se před expanzní ventil. Průhledítko je také součástí příslušenství. Typ bude podle průměru potrubí.



Obr. 7.25 Průhledítko s indikátorem vlhkosti [12]

Další příslušenství

Oběh ještě doplním o dehydrátor a odlučovač oleje. Průměry potrubí jsou spočítány v kapitole 5.2.10. Materiál měď, opatřena tepelnou izolací.

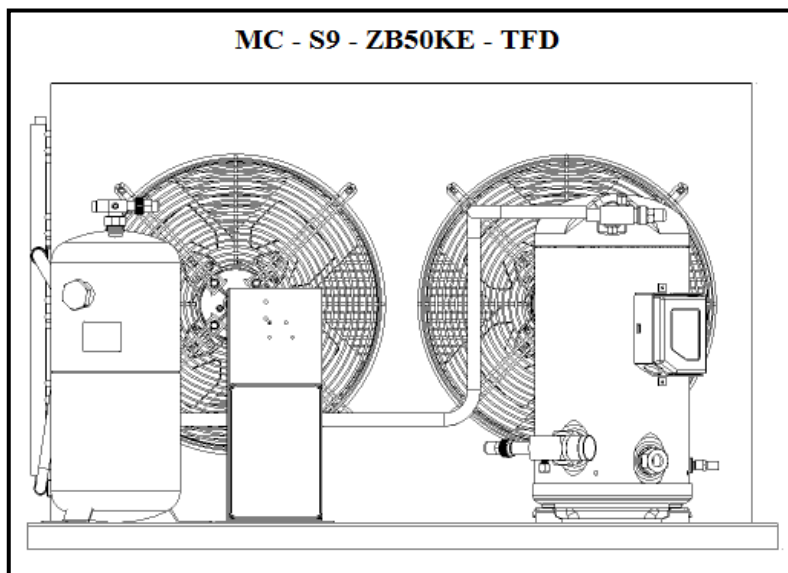
Dehydrátor slouží k odloučení vody ze systému. Voda nepříznivě ovlivňuje chladicí oběh. Je naplněný dehydratační látkou, která fyzicky váže vlhkost obsaženou v chladivu. Do oběhu použiji typ ADK 053.

Odlučovač oleje se montuje za kompresor do výtlačného potrubí, a slouží k tomu, aby se zamezilo shromažďování oleje ve výparníku. Olej, který je unášen chladivem, musí kolovat ve formě mlhy celým oběhem. Program Copeland vybral typ OSH-405.

7.3.3 Shrnutí celého navrženého oběhu

Výparník s expanzním ventilem je součástí chladicího tanku TCool, který má objem 10000 litrů. Ten jsem nenavrhoval, ale zvolil.

Kondenzační jednotku jsem podle výpočtů a simulace, naopak navrhoval. Program Copeland mi sloužil jako podklad návrhu. Technické údaje a rozměry jsou v příloze E.



Obr. 7.26 Navržené kondenzační jednotka Copeland

Vrátím se ke kapitole 5.2.7, výpočet příkonu kondenzační jednotky. Je to součet příkonu kompresoru a příkonu ventilátorů. Hodnota je v příloze D, modrý řádek v tabulce 3,72 kW.

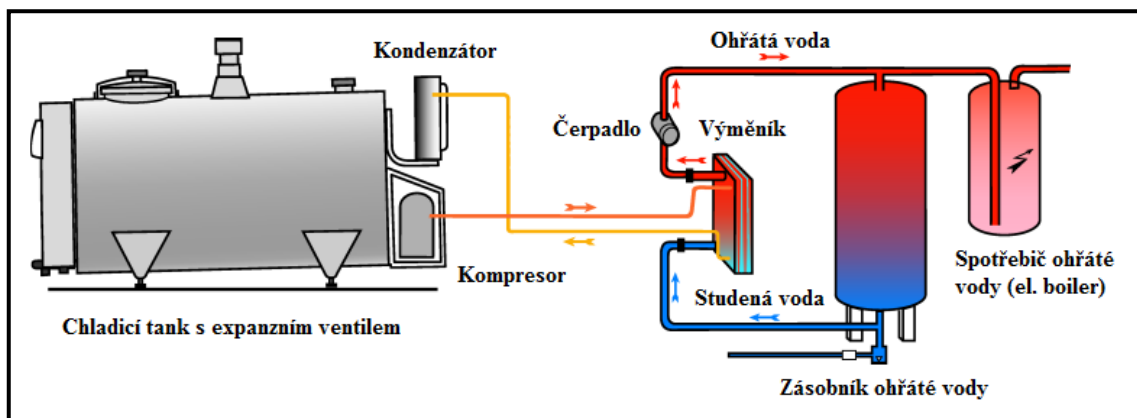
7.4 Výběr zařízení pro využití odpadního tepla

Odpadní teplo z chlazení je úspora energie a je potřeba tuto energii využít.

7.4.1 První varianta úspory

První verzi využití odpadního tepla je přidáním výměníku do chladicího oběhu. Tento výměník bude zařazen před kondenzátor, kde je teplota oběhu nejvyšší, a tudíž největší využití.

Následující obrázek popisuje zapojení komponentů do systému. Za kompresor se umístí výměník, který odebírá teplo z oběhu. Teplo ohřívá vodu v akumulčním zásobníku. Proudění vody v tomto okruhu umožňuje oběhové čerpadlo. Případné dohřívání vody zajišťuje elektrický ohřívač (spotřebič), který je na konci systému.



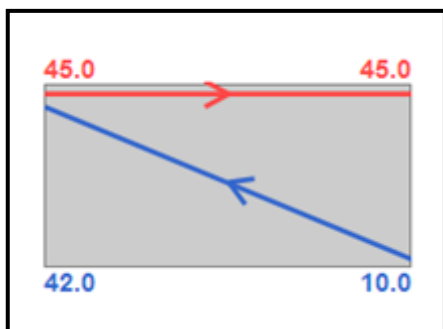
Obr. 7.27 Systém využití odpadního tepla [5]

Použité komponenty v systému

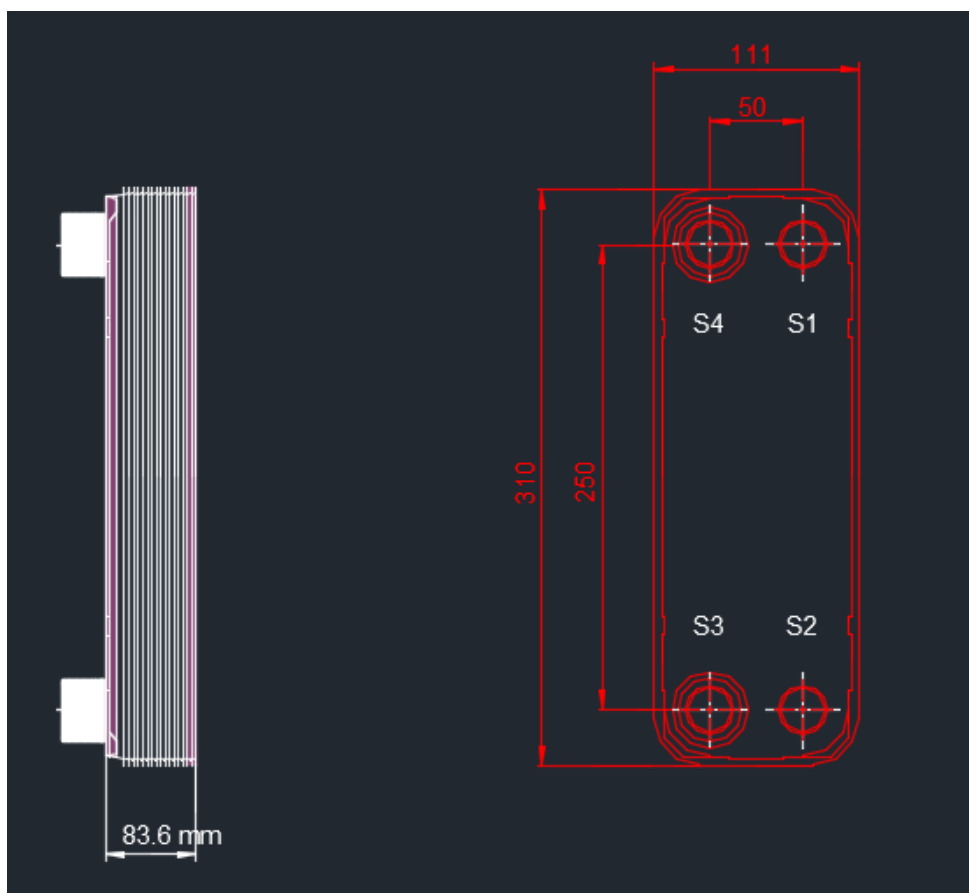
Rekuperační výměník bude vložen mezi kompresor a kondenzátor. Konstrukčně bude namontován na rám kondenzátoru. Je to z důvodu využití prostoru a rámu kondenzátoru. Akumulační zásobník jsem zvolil stojatý o objemu 2000 litrů. Bude umístěn mezi výměník a spotřebič. Na spodní přírubě bude přítok studené vody z řadu a na horní přírubě bude odtok ohřáté vody do spotřebiče. K cirkulaci bude sloužit oběhové čerpadlo a spolu s filtrem budou umístěny na teplé straně, mezi výměník a akumulční zásobník.

7.4.1.2 Rekuperační výměník

V programu AlfaSelect, jsem vybral výměník AlfaLaval. Typ AlfaNova 27-30 H.



Obr. 7.28 Profil teplot výměníku



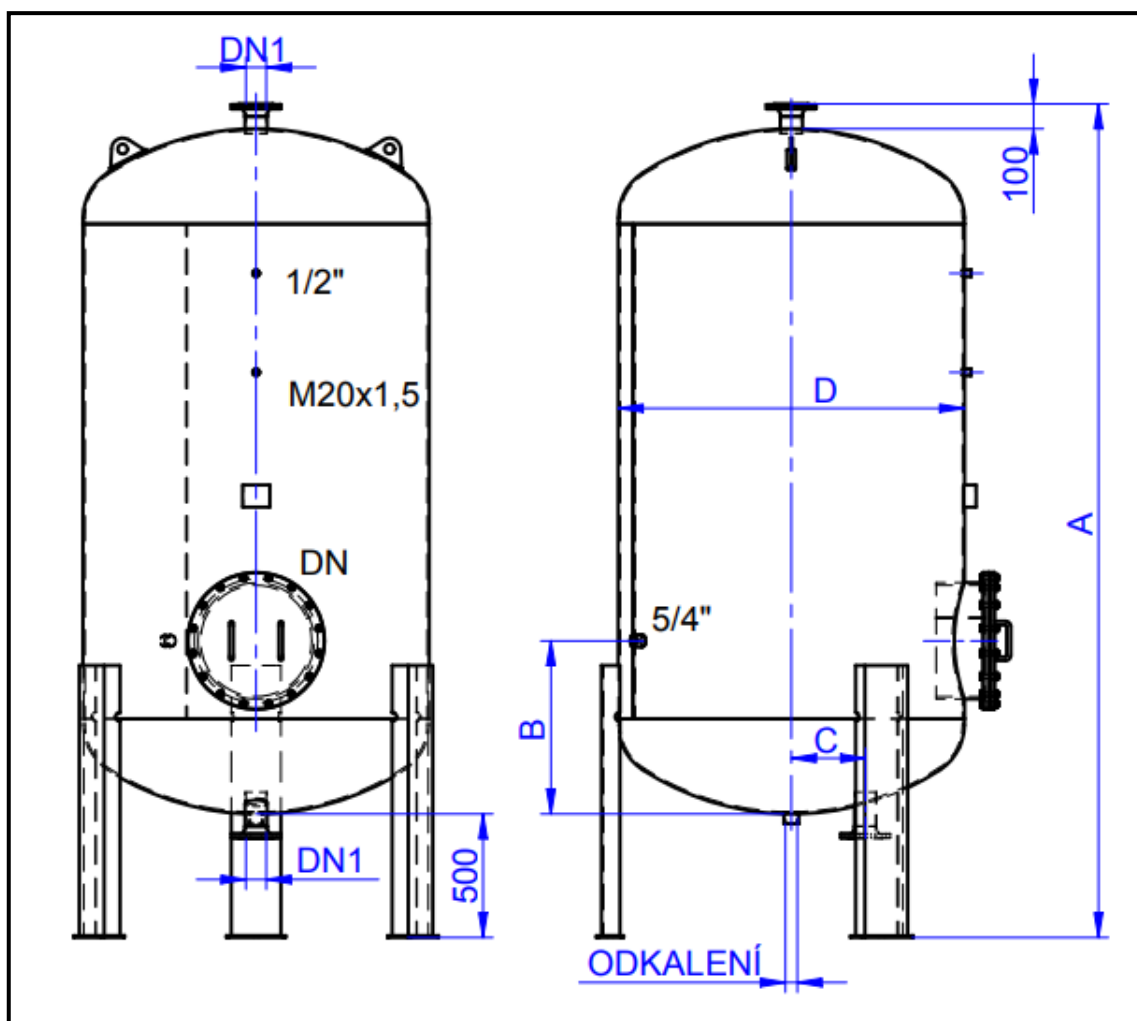
Obr. 7.29 Rozměry výměníku

Vstupní a technické údaje výměníku jsou popsány v příloze F a poziční řešení ve výkresové dokumentaci, příloha I / 1: Sestavný výkres kondenzační jednotky.

7.4.1.3 Akumulační zásobník

Jeho objem 2000 litrů je dostačující ke zvolené technologii. Vybral jsem zásobník od naší firmy Drukův družstvo cejl Brno typ ZDV. Společnost vyrábí zásobníky od 250 až do 10000 litrů. Používá se pro přetlak až 10 bar a teploty až 100 °C.

Je vybaven kontrolním průřezem, hrdlem pro přívod a odběr vody, tlakoměrem, teploměrem, odkalením a stavoznakem. Výhodou je, že nádobu lze po dohodě se zákazníkem podle potřeb upravit.

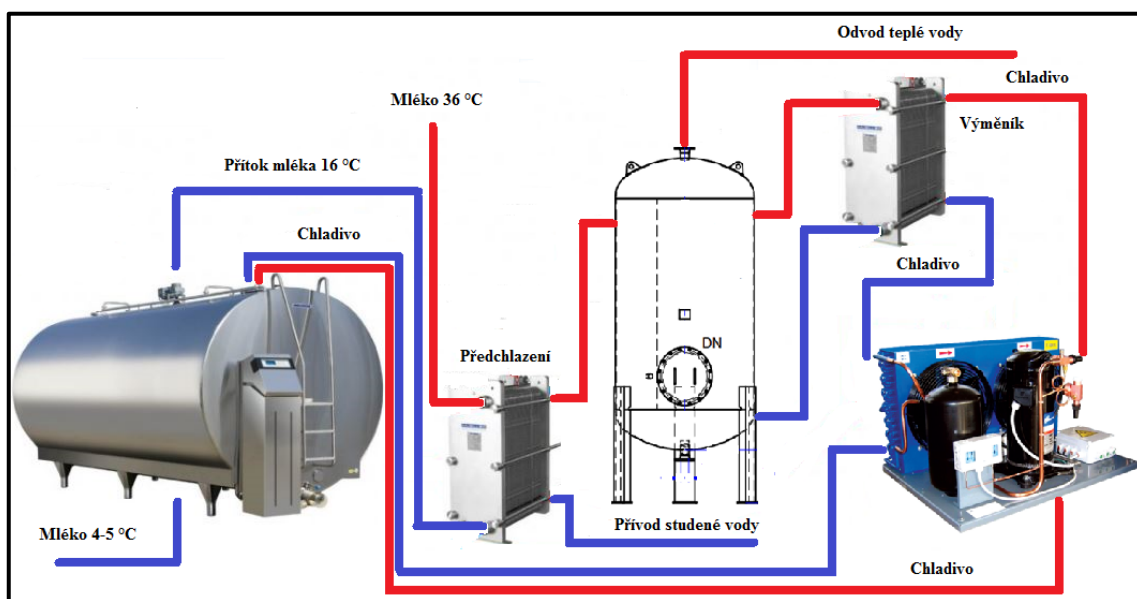


Obr. 7.30 Akumulační zásobník [7]

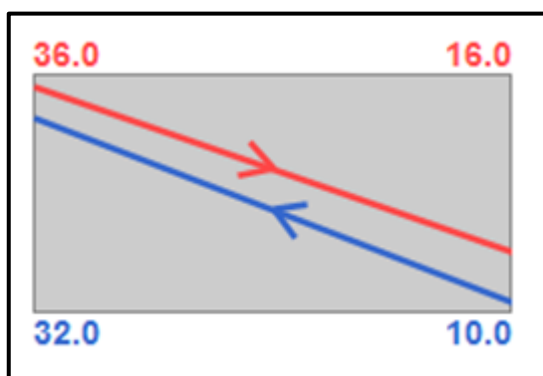
Doplňující rozměry jsou v příloze G.

7.4.2 Druhá varianta úspory

Druhá verze je s předchlazením mléka. Tato verze sice sníží chladicí výkon kompresoru, ale nestačí ohřát vodu v akumulčním zásobníku. Tento systém je stejný jako předešlý, s tím rozdílem, že před chladicí tank je vložen výměník (předchladič), který ochlazuje mléko studenou vodou z řadu. Ohřátá voda z tohoto předchladiče vstupuje do zásobníku a zvyšuje teplotu jeho obsahu, a tím šetří energii.



Obr. 7.31 Druhá varianta úspory energie



Obr. 7.32 Profil teplot výměníku

Vstupní a technické údaje výměníku jsou popsány v příloze H, program AlfaSelect. Schéma systému je ve výkresové dokumentaci příloha I / 3: Schéma chladicího oběhu II. Tuto variantu jsem navrhl, abych porovnal úsporu energie s předchozí variantou. Porovnání bude v následující kapitole balance.

8 Zhodnocení úspor jednotlivých technologií [1,2,3,4]

V této kapitole provedu energetickou bilanci obou technologií. Budu porovnávat spotřebu elektrické energie za jeden cyklus, to je za 24 hodin. Je v tom zahrnuto dvakrát dojení a dvakrát sanitace, čištění dojírny a hygiena personálu, stejně jako v simulacích.

Protože výměna technologie je nutná, nebudu počítat návratnost, ale budu porovnávat spotřebu energie.

8.1 Zhodnocení úspor první technologie s rekuperačním výměníkem

V této technologii nám stačí k ohřevu vody pouze rekuperace.

8.1.1 První dojení

Příkon kompresoru

1 Kompresor	3,72 kW	1,6 hodiny
2 Kompresory	7,44 kW	1,4 hodiny

Spotřeba elektrické energie v prvním dojení

$$W_1 = (1,6 \cdot 3,72) + (1,4 \cdot 7,44) = 16,4 \text{ kWh}$$

8.1.2 Druhé dojení

Příkon kompresoru

1 Kompresor	3,72 kW	0 hodiny
2 Kompresory	7,44 kW	2,33 hodiny

Spotřeba elektrické energie v druhém dojení

$$W_2 = 2,33 \cdot 7,44 = 17,3 \text{ kWh}$$

Celková potřeba elektrické energie

$$W = W_1 + W_2 = 16,4 + 17,3 = 33,7 \text{ kWh}$$

8.2 Zhodnocení úspor druhé technologie s předchladičem mléka

V tomto provedení nám nestačí odváděné teplo ohřívat vodu v akumulčním zásobníku, protože jsme výrazně snížily výkon kompresoru. Mléko, které proudí přes předchladič do chladicího tanku, má o polovinu nižší teplotu, proto můžeme použít kompresor o nižším výkonu.

8.2.1 První dojení

Příkon kompresoru

1 Kompresor	1,31 kW	1,6 hodiny
2 Kompresory	2,62 kW	1,4 hodiny

Spotřeba elektrické energie

$$W_{11} = (1,6 \cdot 1,31) + (1,4 \cdot 2,62) = 5,8 \text{ kWh}$$

Protože se nám voda v akumulčním zásobníku zahřála pouze na 38 °C, jak je popsáno v kapitole 7.2.1, tabulce 7.8, musíme ji dohřát na potřebných 42 °C.

$$W_{12} = \Delta t \cdot m \cdot \frac{c_p}{\tau} \quad [\text{kWh}] \quad (1)$$

$$W_{12} = 4 \cdot 2 \cdot \frac{4,178}{3,6} = 9,3 \text{ kWh}$$

Celková potřeba elektrické energie v prvním dojení

$$W_1 = W_{11} + W_{12} \quad [\text{kWh}]$$

$$W_1 = 5,8 + 9,3 = 15,1 \text{ kWh}$$

8.2.2 Druhé dojení

Příkon kompresoru

1 Kompresor	1,31 kW	0 hodiny
2 Kompresory	2,62 kW	2,33 hodiny

Spotřeba elektrické energie

$$W_{21} = 2,33 \cdot 2,62 = 6,1 \text{ kWh}$$

U druhého dojení nám budeme ohřívat vodu pouze o 3 °C, popis je v kapitole 7.2.3, tabulce 7.10.

$$W_{22} = \Delta t \cdot m \cdot \frac{c_p}{\tau} = 3 \cdot 2 \cdot \frac{4,178}{3,6} = 7,0 \text{ kWh} \quad (1)$$

Kde:	Δt	je rozdíl teplot [K]
	m	je hmotnost ohřívané vody [t]
	c_p	je měrná tepelná kapacita [kJ/kg·K]
	τ	převod na sekundy [-]

Celková potřeba elektrické energie v druhém dojení

$$W_2 = W_{21} + W_{22} = 6,1 + 7,0 = 13,1 \text{ kWh}$$

Spotřeba elektrické energie pouze kompresorů

$$W_k = W_{11} + W_{21} = 5,8 + 6,1 = 11,9 \text{ kWh}$$

Spotřeba elektrické energie pro dohřívání vody

$$W_v = W_{12} + W_{22} = 9,3 + 7,0 = 16,3 \text{ kWh}$$

Celková potřeba elektrické energie

$$W = W_1 + W_2 = 15,1 + 13,1 = 28,2 \text{ kWh}$$

8.2 Bilance úspor

Úspora celé rekuperace

$$W = \Delta t \cdot m \cdot \frac{c_p}{\tau} = 12 \cdot 2 \cdot \frac{4,178}{3,6} = 27,8 \text{ kWh} \quad (1)$$

Dvě dojení

$$W_{\text{den}} = 27,8 \cdot 2 = 55,6 \text{ kWh}$$

Pokud budeme ohřívat vodu pro potřebu technologie jiným zdrojem, spotřebujeme 55,6 kWh elektrické energie. Toto je úspora rekuperace.

Porovnání technologií s ohledem na chlazení mléka

V první technologii potřebujeme pro zchlazení mléka 33,7 kWh, zato v druhé pouze 11,8 kWh. Zde vidíme velkou úsporu a význam předchladiče mléka.

Porovnání technologií s ohledem na ohřev vody

Výsledek tohoto porovnání je opačný. Protože výkon kompresoru v druhé technologii je podstatně nižší, nestačí ohřívat vodu v akumulacním zásobníku, proto ji musíme dohřívat.

V první technologii vlastně energii na ohřev vody nepočítáme, v druhé verzi je to 16,3 kWh.

Celkové porovnání

Podle výpočtů vidíme, že je druhá varianta úspornější o 5,5 kWh. Vzhledem k tomu, že pořizovací náklady na tuto technologii jsou daleko vyšší, budu se držet první verze. Pokud bychom chladili více mléka, byla by pro nás zajímavá. Čím větší množství mléka, tím se zvyšuje úspora elektrické energie.

9 Závěr

V této diplomové práci jsem se zabýval návrhem nové technologie pro chlazení investorem navrženého množství mléka s následným využitím odpadního tepla. Navrhl jsem dvě technologie a porovnal jejich výhody, či nevýhody.

V první části jsem se zabýval historií chlazení, popsal stávající stav zařízení a provedl měření průtoku mléka. Po návrhu investora o navýšení množství mléka o 30 %, jsem provedl výpočet nového oběhu.

V druhé části jsem provedl kontrolu výpočtu v Excelu aplikaci Cool prop, nejprve teoretického a následně i reálného oběhu. Navrhl jsem možné spotřebiče. Podle vstupních a vypočtených hodnot jsem vytvořil dvě simulace chladicího oběhu, s využitím odpadního tepla. První simulace je s výměníkem před kondenzátorem a druhá ještě doplněná o chladič mléka před chladicím tankem. Hodnoty z těchto simulací jsem využil u konkrétního návrhu. Pro výběr komponentů, jsem použil, program Copeland a sestavil potřebný chladicí oběh.

V poslední části podle simulací navrhl dvě varianty již zmíněné rekuperace tepla. K návrhu konkrétních zařízení jsem využil program Alfa Select. Podle tohoto programu jsem navrhl výměníky. Typ akumulárního zásobníku jsem vybral z nabídky výrobců. Na závěr jsem provedl bilanci úspor. Protože výměna technologie je vzhledem k navýšení množství mléka nutná, bilancoval jsem pouze stránku energetickou, jak celkovou, tak i jednotlivé technologie mezi sebou.

I když je druhá varianta mléka úspornější, její pořizovací náklady spojené s předchladičem jsou daleko vyšší. Proto jsem upřednostnil první verzi. Druhá varianta by byla zajímavá s chlazením většího množství mléka.

10 Zdroje

- [1] ŽERAVÍK, Ing. Antonín. *Stavíme tepelné čerpadlo*. Kroměříž: vlastní náklad, 2003. ISBN 80-239-0275-x.
- [2] DVOŘÁK, Prof. Ing. Zdeněk, Ing. Luděk KLAZAR a Doc. Ing. Jiří PETRÁK, CSC. *Tepelná čerpadla*. Praha: Nakladatelství technické literatury, n.p., 1987. ISBN L12-B3-IV-31/22902.
- [3] DVOŘÁK, Prof. Ing. Zdeněk. *Základy chladicí techniky*. Praha: Nakladatelství technické literatury, n.p., 1986. ISBN L12-B3-IV-31/22902.
- [4] GUTKOWSKI, Dr. Ing. Kazimierz. *Chladicí technika: Vybrané řešené problémy*. Praha: Nakladatelství technické literatury, n.p., 1982. ISBN L12-B3-IV-31/22902.
- [5] Rychlé, šetrné a úsporné zchlazování mléka od GEA Farm Technologies. *Kamír - vše pro farmu* [online]. Pacov, 2019 [cit. 2019-05-05]. Dostupné z: <https://www.kamir.cz/docum/201503/20150310-100151.pdf>
- [6] KLIMPEL, Dr. Susanne. *Chladicí tank TCool* [online]. In: . 2010. 2010, 2010 [cit. 2019-05-05].
- [7] Výroba tlakových zařízení. *Drukov* [online]. Brno, 2019 [cit. 2019-05-05]. Dostupné z: <http://www.drukov.cz/produkty/tlakove-nadoby/zasobniky-vody/akumulacni-nadoba-zvd/>
- [8] Akumulační nádoba - typ ZVD. *Drukov* [online]. Brno, 2019 [cit. 2019-05-05]. Dostupné z: <http://www.drukov.cz/doc/ZVD,prospekt.pdf>
- [9] *Spektrum*. Praha: Linde Gas, 2013, **2013**(1), 15 s. Dostupné také z: https://www.linde-gas.cz/cs/images/A%20Spektrum%202013%20final2_tcm79-94677.pdf
- [10] Nádrž na chlazení mléka. In: *AgroSeznam.cz* [online]. 2019 [cit. 2019-05-05]. Dostupné z: <http://www.agroseznam.cz/cz/agrobazar/detail-inzeratu/48905-prodam-nadrze-na-chlazení-mleka.html>

- [11] Kondenzační jednotky. *Schiessl* [online]. Praha, 2015 [cit. 2019-05-05]. Dostupné z: <https://www.schiessl.cz/stranka-kondenzacni-jednotky-11050>
- [12] *Chladicí a klimatizační technika*. Praha: Svaz chladicí a klimatizační techniky, 2011. ISBN 978-80-260-0558-2.
- [13] Učebné texty. Část Okruhy, kapitola 12 - kompresory. Slovenský zväz pre chladiacu a klimatizačnú techniku, 2009.
Dostupné na: https://www.szchkt.org/a/tags/ucebne_texty-okruhy
- [14] Učebné texty. Část Okruhy, kapitola 6 - lnp-hdiagram. Slovenský zväz pre chladiacu a klimatizačnú techniku, 2009.
Dostupné na: https://www.szchkt.org/a/tags/ucebne_texty-okruhy
- [15] Učebné texty. Část Okruhy, kapitola 13 – potrubnysystem. Slovenský zväz pre chladiacu a klimatizačnú techniku, 2009.
Dostupné na: https://www.szchkt.org/a/tags/ucebne_texty-okruhy
- [16] DUPONT FLUOROCHEMICALS WILMINGTON, USA. *Thermodynamic Properties of HFC-134a*. Produktové informace.
- [17] *Přednášky z předmětu chladicí zařízení a čerpadla*, doc. Ing. Mojmír Vrtek, Ph.D.

11 Seznam obrázků

Obr. 2.1 Horizontální dvoustupňový kompresor Carl von Linde [9]	9
Obr. 4.1 Stávající technologie [10]	11
Obr. 5.1 P – h diagram vypařování HFC – 134 [16]	15
Obr. 5.2 P – h diagram vypařování HFC – 134a [16]	25
Obr. 7.1 Graf přítoku mléka	30
Obr. 7.2 Chladicí tank TCool [5]	31
Obr. 7.3 Graf chlazení mléka v tanku	34
Obr. 7.4 Graf ohřívání vody v akumulčním zásobníku	34
Obr. 7.5 Graf ochlazování vody v akumulčním zásobníku	38
Obr. 7.6 Graf chlazení mléka v tanku	40
Obr. 7.7 Graf ohřívání vody v akumulčním zásobníku	40
Obr. 7.8 Graf ochlazování vody v akumulčním zásobníku	41
Obr. 7.9 Graf chlazení mléka v tanku	44
Obr. 7.10 Graf ohřívání vody v akumulčním zásobníku	44
Obr. 7.11 Graf ochlazování vody v akumulčním zásobníku	45
Obr. 7.12 Graf chlazení mléka v tanku	47
Obr. 7.13 Graf ohřívání vody v akumulčním zásobníku	47
Obr. 7.14 Graf ochlazování vody v akumulčním zásobníku	48
Obr. 7.15 Jednoduchý okruh [14]	49
Obr. 7.16 Chladicí tank TCool [5]	50

Obr. 7.17 Zadané hodnoty v Copelandu	51
Obr. 7.18 Schéma komponentů okruhu Copeland	51
Obr. 7.19 Příklad mechanického, termostatického expanzního ventilu [12]	52
Obr. 7.20 Kompresor Copeland [11]	54
Obr. 7.21 Příklad kondenzátoru [12]	54
Obr. 7.22 Typy sběračů chladiva [12]	55
Obr. 7.23 Provedení ručního kulového uzavíracího ventilu [12].....	55
Obr. 7.24 Schéma kombinovaného presostatu [12]	56
Obr. 7.25 Průhledítko s indikátorem vlhkosti [12]	56
Obr. 7.26 Navržené kondenzační jednotka Copeland	57
Obr. 7.27 Systém využití odpadního tepla [5]	58
Obr. 7.28 Profil teplot výměníku	59
Obr. 7.29 Rozměry výměníku	59
Obr. 7.30 Akumulační zásobník [7]	60
Obr. 7.31 Druhá varianta úspory energie	61
Obr. 7.32 Profil teplot výměníku	61

12 Seznam tabulek

Tab. 4.1 Tabulka naměřených hodnot	12
Tab. 5.1 Hodnoty při vypařovací teplotě [16]	16
Tab. 5.2 Hodnoty při kondenzační teplotě [16]	16
Tab. 5.3 Hustota chladiva při teplotě 45 °C [16]	20
Tab. 5.4 Hustota chladiva při teplotě 2 °C [16]	20
Tab. 5.5 Doporučené rychlosti chladiva [15]	21
Tab. 5.6 Vypočtené hodnoty v Excelu	22
Tab. 5.7 Zadané hodnoty	23
Tab. 5.8 Výpočet entalpií, tlaku a entropie bodu 1	23
Tab. 5.9 Výpočet výkonů	24
Tab. 5.10 Výpočet reálného oběhu – Excel	26
Tab. 5.11 Zadané hodnoty	27
Tab. 5.12 Výpočet entalpií, tlaku a entropie bodu 1	27
Tab. 5.13 Výpočet výkonů	28
Tab. 7.1 Tabulka přítoku mléka	29
Tab. 7.2 Základní výpočty	32
Tab. 7.3 Tabulka prvního dojení	33
Tab. 7.4 Tabulka období mezi dojeními	38
Tab. 7.5 Tabulka druhého dojení	39
Tab. 7.6 Tabulka po druhém dojení	41

Tab. 7.7 Tabulka výpočtů pro řešení	42
Tab. 7.8 Tabulka prvního dojení	43
Tab. 7.9 Tabulka období mezi dojeními	45
Tab. 7.10 Tabulka druhého dojení	46
Tab. 7.11 Tabulka po druhém dojení	48
Tab. 7.12 Vstupní hodnoty	49

13 Použité softwary

Excel – Cool prop

Tab. 5.6 Vypočtené hodnoty v Excelu	22
Tab. 5.10 Výpočet reálného oběhu – Excel	26

Copeland

Obr. 7.17 Zadané hodnoty v Copelandu	51
Obr. 7.18 Schéma komponentů okruhu Copelandu	51

AlfaSelect

Obr. 7.28 Profil teplot výměníku	59
Obr. 7.29 Rozměry výměníku	59
Obr. 7.32 Profil teplot výměníku	61

Zbýlé tabulky a grafy jsou vytvořeny v programu Excel.

14 Přílohy

Příloha A

Příklady výpočtů v programu Excel

	L	M	N	O	P	Q	R	S
1								
2								
3		Interval	Množství	Směs	Teplota	Ohřev	Chlazení	Teplota
4		h	kg	mléka	mléka	vody	vody	vody
5								
6		čas [h]	množství	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5
7		14 55	0	36,0	36,0	30,0	30,0	30,0
8		15 00	6,18	36,0	36,0	29,7	29,7	29,7
9		15 05	18,54	36,0	36,0	29,4	29,4	29,4
10		15 10	19,57	36,0	36,0	29,1	29,1	29,1
11		15 15	38,11	36,0	36,0	28,8	28,8	28,8
12		15 20	52,53	36,0	36,0	28,5	28,5	28,5
13		15 25	80,34	36,0	36,0	28,3	28,3	28,3
14		15 30	116,39	36,0	36,0	28,0	28,0	28,0
15		15 35	135,96	36,0	28,8	28,5	27,7	28,2
16		15 40	185,4	30,8	25,5	29,0	27,5	28,5
17		15 45	243,08	28,0	24,0	29,5	27,2	28,7
18		15 50	345,05	27,5	24,7	30,0	26,9	29,0
19		15 55	400,67	26,3	23,9	30,5	26,7	29,2
20		16 00	456,29	25,3	23,2	31,0	26,4	29,5
21		16 05	553,11	25,4	23,7	31,5	26,2	29,7

Množství =E18*\$A\$28

T-1 =((I17*\$P19)+(\$K18*\$A\$17))/(I18)

T-2 =O20-((A\$14*A\$24)/(I18*A\$15))

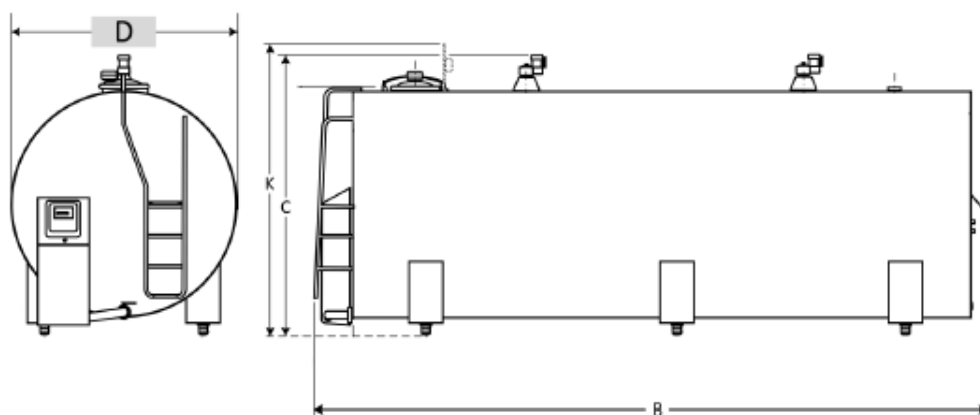
T-3 =Q19+((A\$34*A\$24)/(A\$30*A\$32))

T-4 =((A\$40*\$R19+A\$41)/(A\$30))

T-5 =S19+((Q20-Q19)-(\$R19-\$R20))

Příloha B [5,6]

Typy a rozměry chladicích tanků od firmy TCool



Chladicí tanky TCool s oddělenými agregáty

Objem [l]	Průměr D [mm]	Výška K/C [mm]	Délka B [mm]	Chladicí agregát [PS]		
				2 nádoje		4 nádoje
				bez PCH	s PCH	
1010	1215	1970/1741	1829	2,5	2	2
1500	1215	2067/1733	2339	4,5	2	2
2110	1215	2063/1736	3070	6	3	3
2500	1510	2350/2020	2406	6 / 6,5 / 2x3	4 / 4,5	4 / 4,5
3100	1510	2350/2025	2798	10 / 2x5	4 / 4,5	4 / 4,5
3600	1510	2350/2030	3104	10 / 2x6	6 / 2x2,5	6 / 2x2,5
4200	1510	2350/2050	3507	13 / 2x6,5	6 / 6,5 / 2x3	6 / 6,5 / 2x3
5200	1510	2350/2060	4147	2x7,5	7,5 / 2x4,5	7,5 / 2x4,5
6200	1510	2350/2080	4821	2x7,5	10 / 2x4,5	10 / 2x4,5
5000	1785	2622/2299	3086	2x7,5	7,5 / 2x4,5	7,5 / 2x4,5
6000	1785	2622/2302	3570	2x7,5*	10 / 2x4,5	10 / 2x4,5
7000	1785	2622/2333	4058		10** / 2x6	10** / 2x6
8000	1785	2622/2343	4534	2x10	13 / 2x6,5	13 / 2x6,5
9000	1785	2622/2359	5012		2x7,5	2x7,5
10000	1785	2622/2370	5518	2x13	2x7,5	2x7,5
10000	2250	3100/2805	3905		2x7,5	2x7,5
12000	2250	3100/2810	4500		2x10	2x10
15000	2250	3100/2815	5385		10+13**	10+13**
19000	2250	3110/2880	5975		15+13**	15+13**
25000	2250	3100/2921	8362		4x9**	4x9**
25000	3000	3850/3585	5130		4x9**	4x9**
30000	3000	3850/3610	5980		4x10**	4x10**
33500	3000	3850/3625	6580		4x10**	4x10**

PCH = předchladič

* Třída 2 B III

** Třída 4 C II (s PCH 2 C II)

Doplňková výbava chladicího tanku

Varianty výbavy

TCool se nabízí podle výbavy ve variantách Standard, Comfort a Premium. Může však být vybrána jakákoliv technicky proveditelná verze.

	Standard	Comfort	Premium
Instalační materiál - měď	•	•	•
Hadice na vodu	•	•	•
Držák pro zásobník s dezinfekčním prostředkem	Volitelný	•	•
Rozdělovač pro oplachovou vodu	—	Volitelný	•
2 dávkovací čerpadla	•	•	•
Ohřev	Volitelný	Volitelný	•
Řídicí jednotka	Základní	Expert	Expert XG+
Zadní kryt tanku	•	•	•
Oddělené chladicí jednotky	•	•	•
Kalibrace tanku / Typy měřidel	Pro vlastní potřebu / manuální měřicí tyč	S osvědčením/ manuální měřicí tyč	S osvědčením/ Elektronická měřicí tyč
Míchadlo	•	•	•
Tělo tanku s 3" výpustným šroubením	•	•	•

Integrace řízení tanku do DMS 21

- Chladicí tank TCool může být integrován do systému Dairy Management DMS 21. Tím je umožněno znázornění aktuálního stavu chlazení s příslušnými parametry, jako jsou teplota čistícího roztoku a teplota mléka. Navíc mohou být zpřístupněny údaje a chybové kódy související s kvalitou mléka a průběhem provozu.



Příloha C

Chladivo [14,16]

Seznam nejčastěji používaných chladiv v letech 1990 – 2010:

R11 CFC klimatizační rozsah, zakázané od r. 1994

R12 CFC chladicí rozsah, zakázané od r. 1994

R13B CFC nízkoteplotní rozsah, zakázané od r. 1994 (teploty -50 °C a nižší)

R502 CFC mrazírenský rozsah, zakázané od r. 1994

R22 HCFC chladicí, klimatizační rozsah, zakázané od r. 2010

R23 HCFC nízkoteplotní rozsah, užívá se, náhrada za R13B

R134a HFC chladicí rozsah, užívá se, náhrada za R12

R404A HFC mrazírenský rozsah, užívá se, náhrada za R502

R407C HFC chladicí a klimatizační rozsah, užívá se, náhrada za R22

R410AHFC klimatizační rozsah, užívá se, náhrada za R22

R507 HFC mrazírenský rozsah, užívá se, náhrada za R502

R290 propan, užívá se v průmyslu

R600a isobutan, domácí chladničky, užívá se, náhrada za R134a

R717 čpavek, užívá se v průmyslu

R744 kysličník uhličitý, užívá se – supermarkety

R1150 etylen, užívá se v chemickém průmyslu

R1270 propylen, užívá se v chemickém průmyslu

R718 voda, v současné době se používá pouze v absorpčních chladicích systémech.

Poznámka: V České republice se chladiva halogenové uhlovodíky již nevyrábějí. V letech 1960–1992 se ve Spolku pro chemickou a hutní výrobu v Ústí nad Labem vyráběla chladiva R11 a R12.

V současné době pokrývá celou potřebu těchto chladiv v České a Slovenské republice dovoz ze zemí EU.

Podle dostupných celních statistik bylo v roce 2008 do České republiky dovezeno asi 1400 – 1500 tun chladiv. Asi polovina tohoto objemu byla určena pro prvovýrobu v automobilovém a chladírenském průmyslu a druhá polovina byla určena pro servisní účely.

Vlastnosti chladiva HFC – 134a





TEMP. °C	PRESSURE kPa (abs)	VOLUME m ³ /kg		DENSITY kg/m ³		ENTHALPY kJ/kg			ENTROPY kJ/(kg)(K)		TEMP. °C
		LIQUID v _f	VAPOR v _g	LIQUID 1/v _f	VAPOR 1/v _g	LIQUID h _f	LATENT h _{fg}	VAPOR h _g	LIQUID s _f	VAPOR s _g	
-40	51.14	0.0007	0.3614	1414.6	2.767	148.4	225.9	374.3	0.7967	1.7655	-40
-39	53.88	0.0007	0.3441	1411.8	2.906	149.6	225.3	374.9	0.8020	1.7641	-39
-38	56.74	0.0007	0.3279	1408.9	3.050	150.9	224.7	375.5	0.8073	1.7627	-38
-37	59.72	0.0007	0.3125	1406.0	3.200	152.1	224.0	376.2	0.8126	1.7613	-37
-36	62.83	0.0007	0.2980	1403.1	3.356	153.4	223.4	376.8	0.8178	1.7599	-36
-35	66.07	0.0007	0.2843	1400.2	3.518	154.6	222.8	377.4	0.8231	1.7586	-35
-34	69.43	0.0007	0.2713	1397.4	3.686	155.9	222.2	378.1	0.8283	1.7573	-34
-33	72.93	0.0007	0.2590	1394.5	3.861	157.1	221.5	378.7	0.8336	1.7561	-33
-32	76.58	0.0007	0.2474	1391.5	4.042	158.4	220.9	379.3	0.8388	1.7548	-32
-31	80.36	0.0007	0.2365	1388.6	4.229	159.7	220.3	379.9	0.8440	1.7536	-31
-30	84.29	0.0007	0.2260	1385.7	4.424	160.9	219.6	380.6	0.8492	1.7525	-30
-29	88.37	0.0007	0.2162	1382.8	4.625	162.2	219.0	381.2	0.8544	1.7513	-29
-28	92.61	0.0007	0.2069	1379.8	4.833	163.5	218.3	381.8	0.8596	1.7502	-28
-27	97.02	0.0007	0.1981	1376.9	5.049	164.7	217.7	382.4	0.8647	1.7491	-27
-26	101.58	0.0007	0.1896	1373.9	5.273	166.0	217.1	383.1	0.8698	1.7481	-26
-25	106.32	0.0007	0.1817	1371.0	5.504	167.3	216.4	383.7	0.8750	1.747	-25
-24	111.22	0.0007	0.1741	1368.0	5.743	168.6	215.7	384.3	0.8801	1.746	-24
-23	116.31	0.0007	0.1669	1365.0	5.991	169.8	215.1	384.9	0.8852	1.745	-23
-22	121.57	0.0007	0.1601	1362.0	6.247	171.1	214.4	385.5	0.8903	1.744	-22
-21	127.02	0.0007	0.1536	1359.0	6.511	172.4	213.7	386.2	0.8954	1.7431	-21
-20	132.67	0.0007	0.1474	1356.0	6.784	173.7	213.1	386.8	0.9005	1.7422	-20
-19	138.50	0.0007	0.1415	1353.0	7.066	175.0	212.4	387.4	0.9056	1.7413	-19
-18	144.54	0.0007	0.1359	1349.9	7.357	176.3	211.7	388.0	0.9106	1.7404	-18
-17	150.78	0.0007	0.1306	1346.9	7.658	177.6	211.0	388.6	0.9157	1.7395	-17
-16	157.23	0.0007	0.1255	1343.8	7.968	178.9	210.4	389.2	0.9207	1.7387	-16
-15	163.90	0.0007	0.1207	1340.8	8.288	180.2	209.7	389.8	0.9257	1.7379	-15
-14	170.78	0.0007	0.1160	1337.7	8.618	181.5	209.0	390.4	0.9307	1.7371	-14
-13	177.89	0.0007	0.1116	1334.6	8.958	182.8	208.3	391.1	0.9357	1.7363	-13
-12	185.22	0.0008	0.1074	1331.5	9.309	184.1	207.6	391.7	0.9407	1.7356	-12
-11	192.79	0.0008	0.1034	1328.4	9.671	185.4	206.9	392.3	0.9457	1.7348	-11
-10	200.60	0.0008	0.0996	1325.3	10.044	186.7	206.2	392.9	0.9507	1.7341	-10
-9	208.65	0.0008	0.0959	1322.1	10.428	188.0	205.4	393.5	0.9557	1.7334	-9
-8	216.95	0.0008	0.0924	1319.0	10.823	189.3	204.7	394.1	0.9606	1.7327	-8
-7	225.50	0.0008	0.0890	1315.8	11.231	190.7	204.0	394.7	0.9656	1.7321	-7
-6	234.32	0.0008	0.0858	1312.6	11.650	192.0	203.3	395.3	0.9705	1.7314	-6
-5	243.39	0.0008	0.0828	1309.4	12.082	193.3	202.5	395.9	0.9755	1.7308	-5
-4	252.74	0.0008	0.0798	1306.2	12.526	194.6	201.8	396.4	0.9804	1.7302	-4
-3	262.36	0.0008	0.0770	1303.0	12.983	196.0	201.1	397.0	0.9853	1.7296	-3
-2	272.26	0.0008	0.0743	1299.8	13.454	197.3	200.3	397.6	0.9902	1.729	-2
-1	282.45	0.0008	0.0718	1296.5	13.937	198.7	199.6	398.2	0.9951	1.7284	-1
0	292.93	0.0008	0.0693	1293.3	14.435	200.0	198.8	398.8	1.0000	1.7278	0
1	303.70	0.0008	0.0669	1290.0	14.946	201.3	198.0	399.4	1.0049	1.7273	1
2	314.77	0.0008	0.0646	1286.7	15.472	202.7	197.3	400.0	1.0098	1.7267	2
3	326.16	0.0008	0.0624	1283.4	16.013	204.0	196.5	400.5	1.0146	1.7262	3
4	337.85	0.0008	0.0604	1280.1	16.569	205.4	195.7	401.1	1.0195	1.7257	4
5	349.87	0.0008	0.0583	1276.7	17.140	206.8	194.9	401.7	1.0244	1.7252	5
6	362.21	0.0008	0.0564	1273.4	17.726	208.1	194.2	402.3	1.0292	1.7247	6
7	374.88	0.0008	0.0546	1270.0	18.329	209.5	193.4	402.8	1.0340	1.7242	7
8	387.88	0.0008	0.0528	1266.6	18.948	210.8	192.6	403.4	1.0389	1.7238	8
9	401.23	0.0008	0.0511	1263.2	19.583	212.2	191.8	404.0	1.0437	1.7233	9
10	414.92	0.0008	0.0494	1259.8	20.236	213.6	190.9	404.5	1.0485	1.7229	10
11	428.97	0.0008	0.0478	1256.3	20.906	215.0	190.1	405.1	1.0533	1.7224	11
12	443.37	0.0008	0.0463	1252.9	21.594	216.4	189.3	405.6	1.0582	1.722	12
13	458.11	0.0008	0.0448	1249.4	22.301	217.7	188.5	406.2	1.0630	1.7216	13
14	473.25	0.0008	0.0434	1245.9	23.026	219.1	187.6	406.8	1.0678	1.7212	14
15	488.78	0.0008	0.0421	1242.3	23.770	220.5	186.8	407.3	1.0726	1.7208	15
16	504.68	0.0008	0.0408	1238.8	24.533	221.9	185.9	407.8	1.0773	1.7204	16
17	520.98	0.0008	0.0395	1235.2	25.317	223.3	185.1	408.4	1.0821	1.72	17
18	537.67	0.0008	0.0383	1231.6	26.121	224.7	184.2	408.9	1.0869	1.7196	18
19	554.76	0.0008	0.0371	1228.0	26.945	226.1	183.3	409.5	1.0917	1.7192	19

Vlastnosti chladiva HFC – 134a

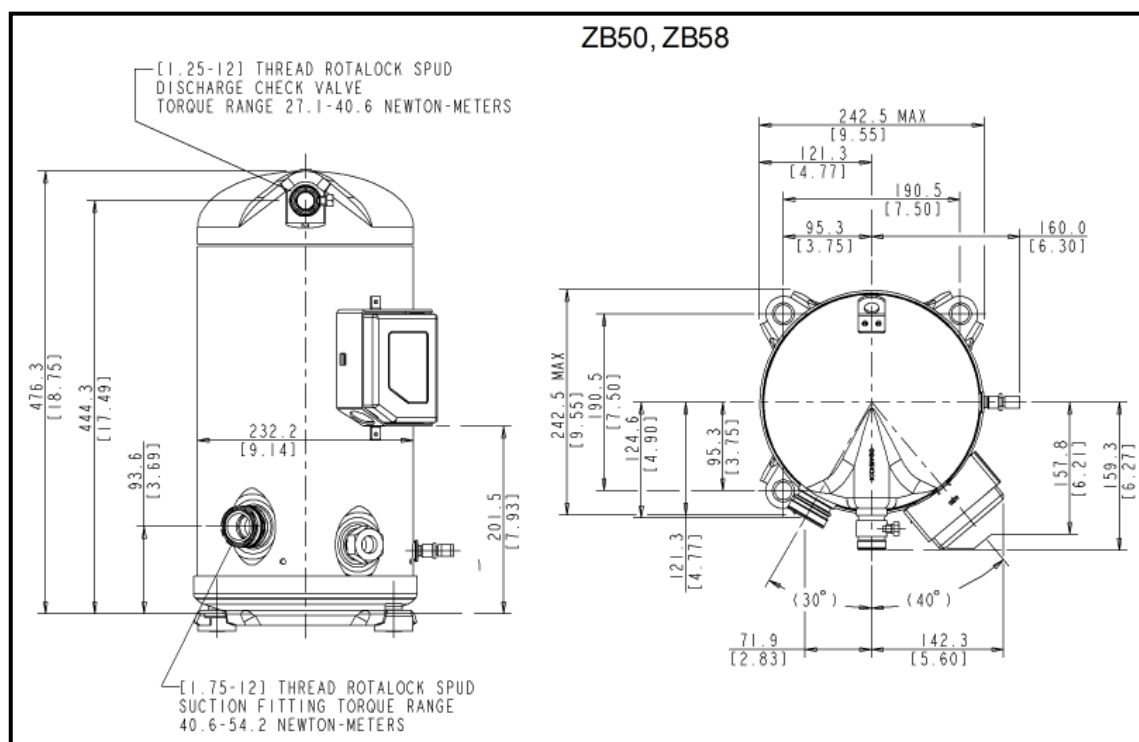
TEMP. °C	PRESSURE kPa (abs)	VOLUME m ³ /kg		DENSITY kg/m ³		ENTHALPY kJ/kg			ENTROPY kJ/(kg·K)		TEMP. °C
		LIQUID v _f	VAPOR v _g	LIQUID 1/v _f	VAPOR 1/v _g	LIQUID h _f	LATENT h _{fg}	VAPOR h _g	LIQUID s _f	VAPOR s _g	
20	572.25	0.0008	0.0360	1224.4	27.791	227.5	182.5	410.0	1.0964	1.7189	20
21	590.16	0.0008	0.0349	1220.7	28.659	228.9	181.6	410.5	1.1012	1.7185	21
22	608.49	0.0008	0.0338	1217.0	29.549	230.4	180.7	411.0	1.1060	1.7182	22
23	627.25	0.0008	0.0328	1213.3	30.462	231.8	179.8	411.6	1.1107	1.7178	23
24	646.44	0.0008	0.0318	1209.6	31.399	233.2	178.9	412.1	1.1155	1.7175	24
25	666.06	0.0008	0.0309	1205.9	32.359	234.6	178.0	412.6	1.1202	1.7171	25
26	686.13	0.0008	0.0300	1202.1	33.344	236.1	177.0	413.1	1.1250	1.7168	26
27	706.66	0.0008	0.0291	1198.3	34.354	237.5	176.1	413.6	1.1297	1.7165	27
28	727.64	0.0008	0.0283	1194.4	35.389	238.9	175.2	414.1	1.1345	1.7161	28
29	749.04	0.0008	0.0274	1190.6	36.451	240.4	174.2	414.6	1.1392	1.7158	29
30	771.02	0.0008	0.0266	1186.7	37.540	241.8	173.3	415.1	1.1439	1.7155	30
31	793.43	0.0008	0.0259	1182.8	38.657	243.3	172.3	415.6	1.1487	1.7151	31
32	816.28	0.0008	0.0251	1178.8	39.802	244.8	171.3	416.1	1.1534	1.7148	32
33	839.66	0.0009	0.0244	1174.9	40.975	246.2	170.3	416.6	1.1581	1.7145	33
34	863.53	0.0009	0.0237	1170.8	42.179	247.7	169.3	417.0	1.1628	1.7142	34
35	887.91	0.0009	0.0230	1166.8	43.413	249.2	168.3	417.5	1.1676	1.7138	35
36	912.80	0.0009	0.0224	1162.7	44.679	250.6	167.3	418.0	1.1723	1.7135	36
37	938.20	0.0009	0.0218	1158.6	45.977	252.1	166.3	418.4	1.1770	1.7132	37
38	964.14	0.0009	0.0211	1154.5	47.308	253.6	165.3	418.9	1.1817	1.7129	38
39	990.60	0.0009	0.0205	1150.3	48.672	255.1	164.2	419.3	1.1864	1.7125	39
40	1017.61	0.0009	0.0200	1146.1	50.072	256.6	163.2	419.8	1.1912	1.7122	40
41	1045.16	0.0009	0.0194	1141.9	51.508	258.1	162.1	420.2	1.1959	1.7119	41
42	1073.26	0.0009	0.0189	1137.6	52.980	259.6	161.0	420.6	1.2006	1.7115	42
43	1101.93	0.0009	0.0184	1133.3	54.490	261.1	159.9	421.1	1.2053	1.7112	43
44	1131.16	0.0009	0.0178	1128.9	56.040	262.7	158.8	421.5	1.2101	1.7108	44
45	1161.01	0.0009	0.0174	1124.5	57.630	264.2	157.7	421.9	1.2148	1.7105	45
46	1191.41	0.0009	0.0169	1120.0	59.261	265.7	156.6	422.3	1.2195	1.7101	46
47	1222.41	0.0009	0.0164	1115.6	60.934	267.3	155.4	422.7	1.2242	1.7097	47
48	1253.95	0.0009	0.0160	1111.0	62.652	268.8	154.3	423.1	1.2290	1.7093	48
49	1286.17	0.0009	0.0155	1106.4	64.415	270.4	153.1	423.5	1.2337	1.709	49
50	1319.00	0.0009	0.0151	1101.8	66.225	271.9	151.9	423.8	1.2384	1.7086	50
51	1352.44	0.0009	0.0147	1097.1	68.084	273.5	150.7	424.2	1.2432	1.7082	51
52	1386.52	0.0009	0.0143	1092.4	69.992	275.1	149.5	424.6	1.2479	1.7077	52
53	1421.23	0.0009	0.0139	1087.6	71.952	276.6	148.3	424.9	1.2527	1.7073	53
54	1456.58	0.0009	0.0135	1082.8	73.966	278.2	147.0	425.3	1.2574	1.7069	54
55	1492.59	0.0009	0.0132	1077.9	76.035	279.8	145.8	425.6	1.2622	1.7064	55
56	1529.26	0.0009	0.0128	1072.9	78.162	281.4	144.5	425.9	1.2670	1.7060	56
57	1566.61	0.0009	0.0124	1067.9	80.348	283.0	143.2	426.2	1.2717	1.7055	57
58	1604.63	0.0009	0.0121	1062.8	82.596	284.6	141.9	426.5	1.2765	1.705	58
59	1643.35	0.0009	0.0118	1057.7	84.908	286.3	140.5	426.8	1.2813	1.7044	59
60	1682.76	0.0010	0.0115	1052.5	87.287	287.9	139.2	427.1	1.2861	1.7039	60
61	1722.88	0.0010	0.0111	1047.2	89.735	289.5	137.8	427.4	1.2909	1.7033	61
62	1763.72	0.0010	0.0108	1041.8	92.255	291.2	136.4	427.6	1.2957	1.7028	62
63	1805.28	0.0010	0.0105	1036.4	94.851	292.9	135.0	427.9	1.3006	1.7021	63
64	1847.47	0.0010	0.0103	1030.9	97.526	294.5	133.6	428.1	1.3054	1.7015	64
65	1890.54	0.0010	0.0100	1025.3	100.283	296.2	132.1	428.3	1.3102	1.7009	65
66	1934.36	0.0010	0.0097	1019.6	103.125	297.9	130.6	428.5	1.3151	1.7002	66
67	1978.94	0.0010	0.0094	1013.8	106.058	299.6	129.1	428.7	1.3200	1.6996	67
68	2024.28	0.0010	0.0092	1008.0	109.085	301.3	127.5	428.8	1.3249	1.6991	68
69	2070.42	0.0010	0.0089	1002.0	112.212	303.0	126.0	429.0	1.3298	1.6987	69
70	2117.34	0.0010	0.0087	995.9	115.442	304.8	124.4	429.1	1.3347	1.6981	70
71	2165.08	0.0010	0.0084	989.7	118.783	306.5	122.7	429.2	1.3397	1.6973	71
72	2213.63	0.0010	0.0082	983.4	122.239	308.3	121.1	429.3	1.3446	1.6964	72
73	2263.01	0.0010	0.0079	977.0	125.818	310.1	119.4	429.4	1.3496	1.6955	73
74	2313.23	0.0010	0.0077	970.4	129.527	311.8	117.6	429.5	1.3547	1.6945	74
75	2364.31	0.0010	0.0075	963.7	133.373	313.7	115.8	429.5	1.3597	1.6934	75
76	2416.25	0.0010	0.0073	956.9	137.366	315.5	114.0	429.5	1.3648	1.6923	76
77	2469.08	0.0011	0.0071	949.9	141.514	317.3	112.2	429.5	1.3699	1.6912	77
78	2522.79	0.0011	0.0069	942.7	145.830	319.2	110.3	429.4	1.3750	1.6901	78
79	2577.42	0.0011	0.0067	935.4	150.324	321.0	108.3	429.3	1.3801	1.689	79

Příloha D [12]

Zvolil jsem kompresor Copeland Scroll ZB50KC – TFD o chladicím výkonu 11,55 kW, modrý řádek v tabulce.

údaje	tabulky	omezení	výkres	nabídka pro výběr	tisk/export	technické údaje	příslušenství
<div></div>							
kompresor	výkon	příkon	chl.faktor	proud	hm. tok	výkonnost ▾	
	kW	kW		A	g/s	m3/h	
ZS09KAE-TFD	2.15	0.70	3.07	1.63	14.90	3.70	
ZS11KAE-TFD	2.57	0.83	3.09	1.92	17.80	4.40	
ZS13KAE-TFD	2.92	0.96	3.03	2.17	20.20	5.00	
ZB15KCE-TFD	3.48	1.06	3.27	2.57	24.10	5.90	
ZB19KCE-TFD	4.01	1.21	3.31	3.00	27.80	6.80	
ZS21K4E-TFD	4.72	1.36	3.46	3.14	32.80	8.00	
ZB21KCE-TFD	5.06	1.49	3.39	3.37	35.10	8.60	
ZS26K4E-TFD	5.85	1.69	3.45	3.60	40.60	9.90	
ZB26KCE-TFD	5.84	1.70	3.43	3.88	40.50	9.90	
ZB29KCE-TFD	6.35	1.96	3.24	4.36	44.00	11.40	
ZB30KCE-TFD	6.86	1.97	3.48	4.03	47.60	11.70	
ZS30K4E-TFD	6.86	1.98	3.45	4.06	47.60	11.70	
ZBD30KCE-TFD	6.79	2.12	3.20	4.06	47.10	11.70	
ZB38KCE-TFD	8.51	2.43	3.50	5.61	59.00	14.40	
ZS38K4E-TFD	8.46	2.47	3.42	5.14	58.70	14.40	
ZS45K4E-TFD	10.05	3.09	3.25	5.97	69.80	17.10	
ZB45KCE-TFD	10.25	2.80	3.65	5.53	71.10	17.10	
ZB48KCE-TFD	11.45	3.23	3.54	7.62	79.50	18.80	
ZB50KCE-TFD	11.55	3.46	3.34	8.53	80.00	19.80	
ZB56KCE-TWD	11.65	3.69	3.16	9.86	81.00	20.90	
ZB57KCE-TFD	12.85	3.90	3.29	9.82	89.00	21.40	
ZB58KCE-TFD	12.95	3.87	3.35	9.61	90.00	22.10	
ZBD58KCE-TFD	12.95	3.87	3.35	9.61	90.00	22.10	
ZB66KCE-TFD	14.85	4.32	3.44	10.26	103.00	24.90	
ZB66K5E-TFD	14.85	4.32	3.43	10.26	103.00	25.70	
ZB75KCE-TWD	16.25	4.74	3.43	11.17	112.50	28.80	
ZBD76KCE-TFD	17.00	5.06	3.36	11.62	118.00	28.80	
ZB76K5E-TFD	17.00	5.06	3.36	11.62	118.00	28.80	
ZB76KCE-TFD	17.00	5.06	3.36	11.62	118.00	29.10	
ZB92KCE-TWD	20.10	6.09	3.30	13.00	139.50	35.60	
ZB95K5E-TFD	21.60	6.35	3.40	13.06	150.00	36.40	
ZB95KCE-TFD	21.60	6.35	3.40	15.21	150.00	36.40	
ZB11MCE-TWD	24.90	7.36	3.39	16.25	173.00	42.80	
ZB114KCE-TFD	26.00	7.61	3.42	21.17	180.00	43.30	
ZB114K5E-TFD	26.00	7.61	3.42	17.49	180.00	43.40	

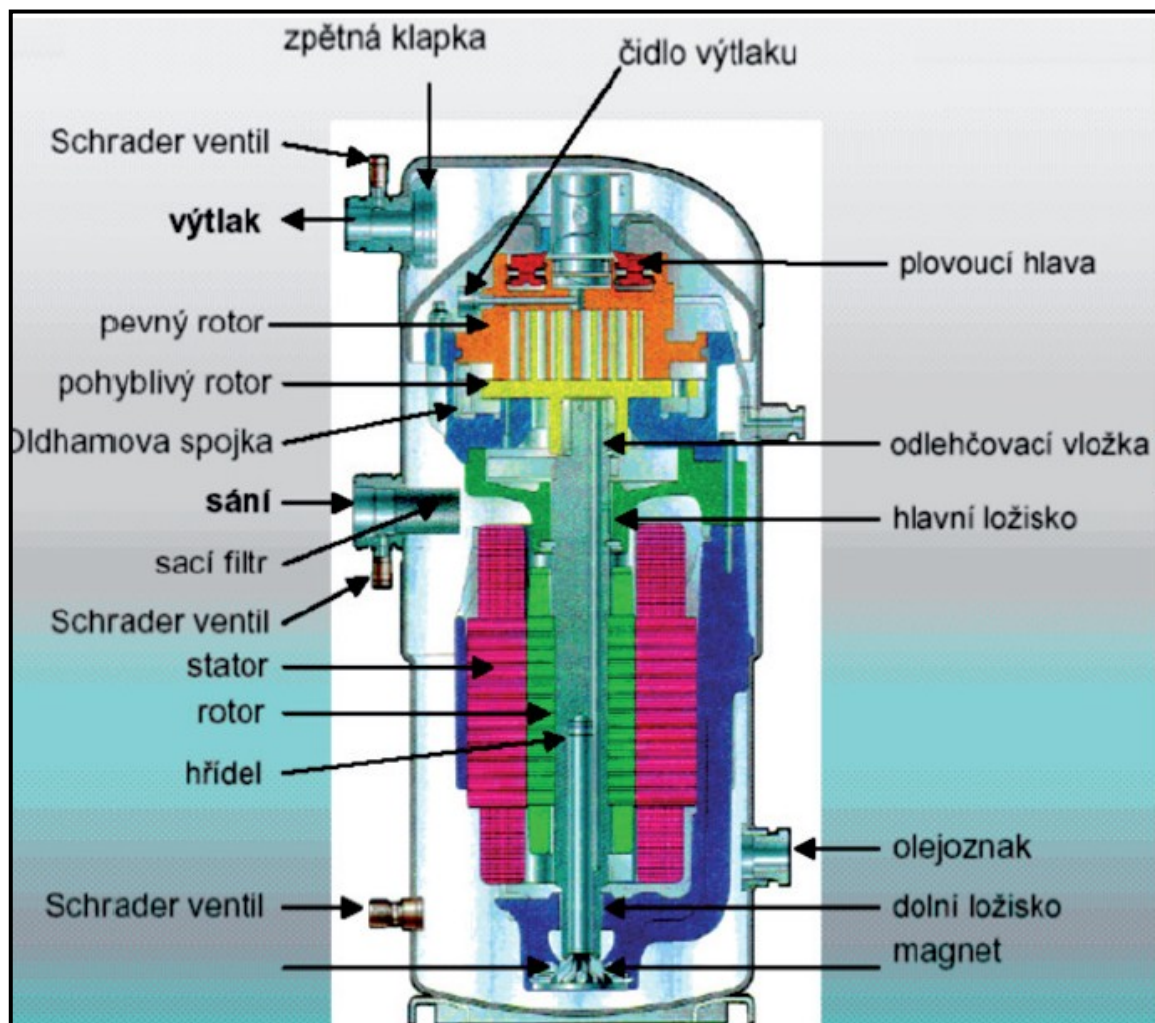
Rozměry kompresoru



Technické údaje kompresoru

kompresor	ZB50KCE-TFD
MECHANICKÉ ÚDAJE	
výkonnost, m ³ /h	19.8
délka/šířka, mm	263/284
výška, mm	480
hmotnost netto, kg	59
sací hrdlo, "	1 1/8
hrdlo výtlak, "	7/8
náplň oleje, lt	2.65
rozměry základny (otvorů), mm	190 x 190 (8.5)
hl.akustického tlaku v 1 m (MT), dB(A)	64
hl.akustického výkonu (MT), dB(A)	75
hl.akustického výkonu s krytem (MT), dB(A)	65
třída PED	2
vnitřní volný objem, lt	10.5
vysokotlaká PS, bar (přetl)	32
nízkotlaká PS, bar (přetl)	22.6
nízkotlaká TS, max., °C	50
nízkotlaká TS, min., °C	-35
ELEKTRICKÉ ÚDAJE	
max. provozní proud, A	14.6
proud nakrátko, A	100
odpor vinutí	1.76
základní krytí	IP 21 (IEC 34)

Popis scroll kompresoru



Příloha E

Kondenzační jednotka MC-S9-ZB 50KE-TDF

Kond. jednotka	kompresor	výkon	příkon	chl.faktor	proud	hm. tok	výkonnost ▾
		kW	kW		A	g/s	m3/h
MC-H8-ZB15KE-TFD	ZB15KCE-TFD	3.60	1.17	3.06	2.42	24.30	5.90
MC-H8-ZB19KE-TFD	ZB19KCE-TFD	4.10	1.33	3.07	2.85	28.00	6.80
MC-K9-ZB19KE-TFD	ZB19KCE-TFD	4.11	1.31	3.13	2.84	28.00	6.80
MC-H8-ZB21KE-TFD	ZB21KCE-TFD	5.05	1.65	3.06	3.28	35.20	8.60
MC-K9-ZB21KE-TFD	ZB21KCE-TFD	5.07	1.62	3.12	3.27	35.20	8.60
MC-K9-ZB26KE-TFD	ZB26KCE-TFD	5.75	1.87	3.07	3.82	40.60	9.90
MC-M8-ZB30KE-TFD	ZB30KCE-TFD	6.83	2.11	3.23	3.93	47.70	11.70
MC-P8-ZB30KE-TFD	ZB30KCE-TFD	6.91	2.06	3.36	3.89	47.80	11.70
MC-M8-ZB38KE-TFD	ZB38KCE-TFD	8.22	2.67	3.07	5.62	59.00	14.40
MC-P8-ZB38KE-TFD	ZB38KCE-TFD	8.35	2.60	3.22	5.55	59.10	14.40
MC-M9-ZB45KE-TFD	ZB45KCE-TFD	9.99	3.17	3.15	5.49	71.20	17.10
MC-R7-ZB45KE-TFD	ZB45KCE-TFD	10.20	3.13	3.26	5.37	71.40	17.10
MC-R7-ZB50KE-TFD	ZB50KCE-TFD	11.30	3.87	2.93	8.47	80.00	19.80
MC-S9-ZB50KE-TFD	ZB50KCE-TFD	11.60	3.72	3.12	8.35	80.50	19.80
MC-S9-ZB58KE-TFD	ZB58KCE-TFD	12.85	4.20	3.06	9.47	90.50	22.10
MC-S9-ZB66KE-TFD	ZB66KCE-TFD	14.45	4.76	3.04	10.23	103.00	24.90
MC-V6-ZB76KE-TFD	ZB76KCE-TFD	17.35	5.44	3.19	11.24	119.00	29.10
MC-V6-ZB95KE-TFD	ZB95KCE-TFD	21.40	6.90	3.10	14.98	150.00	36.40
MC-W9-ZB114KE-TFD	ZB114KCE-TFD	25.40	8.31	3.06	21.08	181.00	43.30

Příslušenství

typ kond.jedn.	MC-S9-ZB50KE-TFD
PŘÍSLUŠENSTVÍ V DODÁVCE	
ohřev oleje	vnější 70W
svorkovnice	140š x 205v x 60d
komb.presostat	ALCO PS2-W7A
PŘÍSLUŠENSTVÍ NA PŘÁNÍ	
kryt	RSQR
reg.otáček ventilátoru	ALCO FSX41S for R134a
reg.otáček ventilátoru	ALCO FSX42S
sada 1	sání, dehydrátor, průhledítko, kulový ventil
sada 2	sání, dehydrátor, průhledítko, elmg.ventil

Příloha F

Program AlfaSelect

Výměník rekuperace AlfaLaval - typ AlfaNova 27-30 H

Kond_Havrank

File Liq/Liq 2-phase Evap Cond Selection

Capacity: 15.00 [kW] Margin: 5.00 %

Condensing Liquid Heating

In quality: 1.000

Tgas in: ☐

Cond temp: 45.0 In temp: 10.0 [°C]

Out temp: 45.0 Out temp: 42.0 [°C]

Out quality: 0.000

In press: 11.62 [bara]

Out press: 11.61 [bara]

Flow: 0.0880 Flow: 0.1120 [kg/s]

Max pr. drop: 50.00 Max pr. drop: 50.00 [kPa]

R134a Water

Mixture Mixture

Profile Profile

AlfaNova REF Condenser

Options...

All Products PED

Hot inlet: S4

Designed for: REF inch

Regions: Europe

Picture In/Outlets Temp. profile

Results

#	Description	kW	%	kPa	kPa	Lead t	EUR	Note
1	AlfaNova 27-30H	15.00	7.14	2.646	0.4848	1	1267	
1	AlfaNova 52-20H	15.00	13.6	10.63	1.653	1	1477	
1	AlfaNova HP 27-30H	15.00	7.14	2.646	0.4848	15	1643	
1	AlfaNova HP 52-20H	15.00	13.6	10.63	1.653	20	1978	
1	AlfaNova 76-30H	15.00	153	0.2753	0.1445	1	3486	
1	AlfaNova HP 76-30H	15.00	153	0.2753	0.1445	1	4501	

Mech. config... Extend list... Drawing... More...

Order / Quotation Specification

Description	Qty	Item id	Price/Unit
AlfaNova 27-30H	1	32870 0092 6	1267

Category	Description	Item id	EUR
<input type="checkbox"/> Feet etc.			
<input type="checkbox"/> Lifting Lug			
<input type="checkbox"/> Insulation			
<input type="checkbox"/> Coupling 1			
<input type="checkbox"/> Coupling 2			

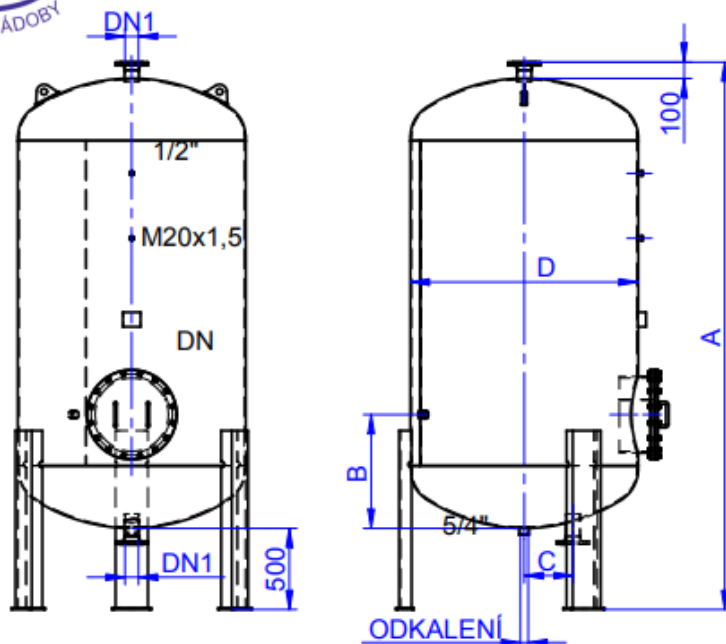
Příloha G [8]

Akumulační zásobník - rozměry



Akumulační nádoba - typ ZVD

DRUKOV družstvo, Cejl 18, 65656 Brno, fax. 545577183



Akumulační nádoba se používá jako zásobník vody nebo plášť ohříváče vody stojatého s tlakem 6 bar a 10 bar, s teplotou média do 100 °C

Je vybavena kontrolním průřezem, hrdly pro přívod a odběr pracovní látky, tlakoměr, teploměr, cirkulaci, odkalení a případně hrdly pro stavoznak. Po dohodě se zákazníkem lze upravit nádobu pro různé použití.

Může být doplněna o hrdla M 48x2 pro elektroohřev, termostat, tepelnou pojistku a ochrannou anodu a může sloužit jako elektrický ohříváč vody typ EOVS.

Objem	A	B	C	D	DN	DN1	HMOTNOST
V (L)							kg
							10 bar
250	1600	390	150	600	--	6/4"	116
300	1750	390	150	600	--	6/4"	125
400	2100	390	150	600	--	6/4"	156
500	2500	390	150	600	--	6/4"	179
550	2376	500	200	650	--	6/4"	186
630	1952	555	200	800	--	2"	193
800	2302	555	200	800	--	2"	221
1000	2702	555	200	800	--	2"	268
1600	2804	600	200	1000	450	2"	526
2000	3454	600	200	1000	450	2"	602
2500	3106	655	300	1200	450	80	665
3000	3556	655	300	1200	450	80	747
4000	3370	730	300	1400	450	80	1059
5000	4220	730	300	1400	450	80	1275
6300	4122	755	400	1600	450	80	1473
10000	4288	940	400	2000	450	100	2380

Příloha H

Program AlfaSelect

Výměník předchlazení mléka AlfaLaval – typ AlfaNova 52 – 20 H

kluka

File Liq/Liq 2-phase Evap Cond Selection

Capacity: 9.220 [kW] Margin: 5.00 %

In temp: 36.0 10.0 [°C]
Out temp: 16.0 32.0 [°C]
Flow: 0.1120 0.1000 [kg/s]
Max pr. drop: 30.00 [kPa]
0.00% Whole milk Water
Conc (%): 0.00
AlfaNova COMFORT range Calculate

Options...
All Products
PED
Hot inlet: S4

Picture In/Outlets Temp. profile

Results Remove Clear

#	Description	kW	%	kPa	kPa	Lead t	CZK	Note
1	AlfaNova 52-20H	9.220	8.00	1.808	1.213	1	41693	
1	AlfaNova 27-70H	9.220	10.0	0.1279	0.08221	1	64981	
1	AlfaNova 76-20H	9.220	20.0	0.2860	0.1966	1	74437	

Mech. confia... Extend list... Drawino... More...

Order / Quotation Specification

Description	Qty	Item id	Price/Unit
AlfaNova 52-20H	1	32880 0113 9	41693

Category	Description	Item id	CZK
<input type="checkbox"/> Feet etc.			
<input type="checkbox"/> Lifting Lug			
<input type="checkbox"/> Insulation			
<input type="checkbox"/> Coupling 1			
<input type="checkbox"/> Coupling 2			

Příloha I / 1: Sestavný výkres kondenzační jednotky

Sestavný výkres č. KLU0078 – 001, viz volné listy.

Příloha I / 2: Schéma chladicího oběhu I

Výkres schéma I č. KLU0078 – 002, viz volné listy.

Příloha I / 3: Schéma chladicího oběhu II

Výkres schéma II č. KLU0078 – 003, viz volné listy.

Příloha I / 4: Dispoziční výkres sestavy

Dispoziční výkres č. KLU0078 – 004, viz volné listy.